

**CETEM**

**Centro de Tecnologia Mineral  
Ministério da Ciência e Tecnologia**

**Coordenação de Pequena e Média Empresa - CPME**

**A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA PROJETANDO PARA A  
RECICLAGEM**

Heloisa Vasconcellos de Medina

Dennys Enry Barreto Gomes

**Rio de Janeiro  
Outubro/2002**

**CT2002-051-00 – Realizado no 5º Congresso Nacional de P&D em Desing, realizado na Universidade de Brasília, UNB, Pavilhão Anísio Teixeira, entre 10 e 13 de outubro de 2002 organizado pela AEND – Associação de Ensino e Pesquisa de Nível Superior em Desing no Brasil.**

## **A Indústria Automobilística Projetando para a Reciclagem** *The Automobile Industry Designing for Recycling*

**Heloisa V. de Medina**

*Dsc. em Engenharia de Produção,  
Pesquisadora do CETEM –Centro de Tecnologia Mineral-  
email:hmedina@cetem.gov.br*

**Dennys Enry Barreto Gomes**

*Estudante de Engenharia Mecânica, UFRJ  
dennys\_enry@uol.com.br*

**Palavras Chave:** *projetando para reciclagem, reciclagem de automóveis, reciclagem de plásticos automotivos.*

**Resumo:** Essa contribuição baseia-se em uma pesquisa de um ano que os autores vem realizando sobre reciclagem de materiais automotivos dentro do programa Tecnologia Ambiental e Meio Ambiente do CETEM. O artigo mostra a como as montadoras vêm projetando seus novos modelos buscando menor impacto ambiental possível para garantir a sustentabilidade e a competitividade do automóvel.

**Key-words:** *designing for recycling, automobile recycling, recycling automotive plastics*

**Abstract:** This contribution is based on a one year research on automotive materials recycling that has being conducted by the authors, connected to CETEM's research program on Environmental Technologies and Recycling. The article shows the environmental strategy 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.

### **Introdução**

A indústria automobilística foi uma das atividades mais importantes do século XX na geração de renda, emprego e investimentos industriais. Ao longo daquele século houve mudanças significativas: da produção artesanal ao advento do sistema de produção em massa de Henry Ford, seguido pelo Toyotismo e, mais tarde, pelos modelos híbridos de organização da produção, que vêm reestruturando a competitividade e sustentando o crescimento contínuo dessa indústria. Até chegar ao que é hoje, um produto inovador, o automóvel passou, de herói a vilão no ponto de vista ambiental. Herói, em seus primeiros 70 anos como "solução tecnológica arrojada", transporte rápido, ágil, seguro. Vilão, nos últimos 30, responsável pela degradação ambiental do Planeta.

Além da indiscutível importância econômica, este é um setor múltiplo e sem fronteiras que, a um só tempo, recebe e transmite inovações em relação aos demais. Esse esquema tem gerado parcerias estreitas e permanentes entre produtores de materiais, fabricantes de autopeças e montadoras, que não raro ultrapassam as fronteiras nacionais. São exemplos disso o PNGV –*Partnership for New Generation Vehicules-*, o ULASB –*Ultra Light Automobile Steel Car-*, o EUROCAR ou mesmo os carros híbridos, elétricos e/ou a células combustíveis.

A indústria automobilística vem enfrentando esse desafio ambiental com inovações tecnológicas amplas que têm alterado o conceito do automóvel e de sua produção. Os novos modelos dos anos 90 já incorporaram, em toda sua cadeia produtiva, materiais e processos de menor impacto ambiental. Como não existe solução universal para um produto complexo como o automóvel, todas as etapas de produção têm que ser monitoradas, da fabricação de materiais à montagem final. Os chamados *carros verdes* que devem sair de *fábricas verdes*, onde todo o ciclo de produção e de vida do produto é planejado e gerenciado de forma a evitar qualquer impacto ambiental. Outro aspecto que tem favorecido o tratamento da dimensão ambiental pela indústria automobilística é a redução do número de plataformas. É a chamada diversificação aparente, que se baseia em uma tendência já irreversível, que é a utilização de mesmas peças, sistemas e materiais de forma consorciada por vários modelos. Esse esquema, chamado de plataformas integradas ou consorciadas, facilita a desmontagem com ganhos de tempo e de escala de produção, que se constituem em gargalos importantes à viabilização econômica da reciclagem.

Essa preocupação nos novos modelos de automóveis e na reengenharia dos processos de fabricação já está presente em todas as montadoras mundiais. A quantidade de peças feitas com materiais recicláveis está aumentando e os projetos de novos veículos já estão prevendo a desmontagem final do automóvel com a finalidade de aumentar a possibilidade de reciclagem e reutilização.

### ***Projetando a Reciclagem: Principais conceitos***

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 de um 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 recuperação/separação, quer seja na qualidade dos novos produtos feitos a partir do material secundário obtido.

Os fabricantes de automóveis vêm trabalhando em conjunto com seus fornecedores, com os produtores de matérias primas como os setores químico e siderúrgico, e com indústrias de reciclagem em novos projetos de automóveis mais recicláveis, para tornar todo o processo economicamente mais competitivo.

O grande desafio que as montadoras estão enfrentando no início do segundo século de vida do automóvel é torná-lo um produto reconhecidamente sustentável em termos ambientais. Para isso, elas vêm trabalhando dentro dos princípios do chamado DFE - Design for the Environment - ou projetando para o meio ambiente o que significa que todas as considerações ambientais são parte integrante do projeto do produto (automóvel e autopeças), do processo (fabricação de peças e montagem) e das tecnologias a eles associadas (tratamento de materiais, pintura etc). Seguem, portanto conceitos como o eco-design, DRF (Design for Recycling), eco-eficiência e vêm acompanhando todo o processo de produção através da análise de ciclo de vida do produto.

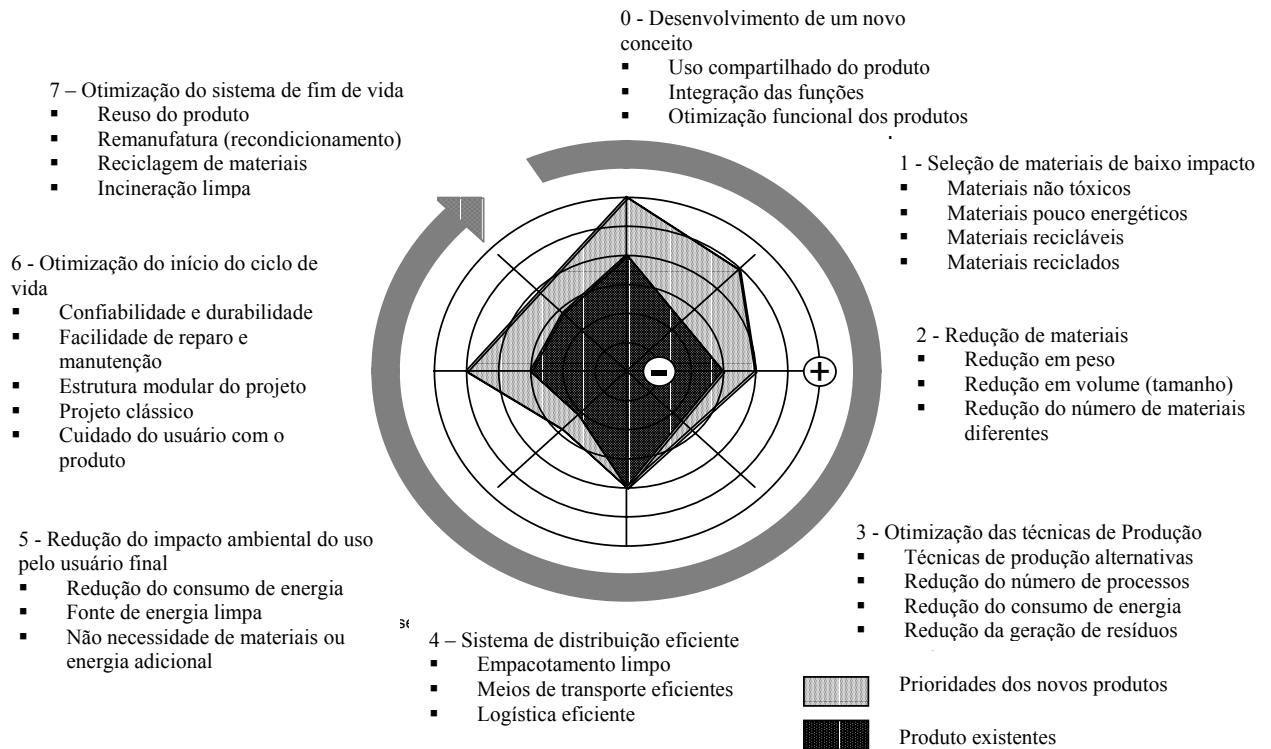
O Eco-design consiste exatamente em projetar ou conceber produtos de forma ecológica ou sem impacto ambiental. Representa a consolidação da cultura da racionalidade numa empresa, que passa a gerar produtos concebidos à luz da ecoeficiência, da adoção de tecnologias limpas e da prevenção à geração de resíduos impactantes. Portanto, o eco-design assegura que um produto seja proveniente do uso mais racional possível de energia, de água e matérias-primas, e pode incluir até estudos sobre biodeterioração e/ou reciclagem de resíduos do processo de produção e dos próprios produtos em fim de vida.

Projeto para a reciclagem (DFR, *Design for Recycling*) significa realizar a atividade de projetar um produto prevendo a sua reciclagem, com a finalidade de facilitar a desmontagem do produto para a recuperação do material contido. Esse conceito tem como uma das premissas a diminuição do número de peças e da variedade de materiais utilizados, e ainda o projeto de conjuntos onde seja possível se identificar claramente os materiais para a sua separação futura.

A Eco-eficiência é um indicador que conjuga desempenho econômico e ambiental. 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 performances econômica e ambiental 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, concentrando esforços em pesquisas para diminuir a toxicidade de seus produtos e aumentar sua vida útil; além de buscar reduzir seu consumo industrial de energia elétrica entre os outros.

A análise de ciclo de vida, método conhecido internacionalmente pela sigla LCA - *Life Cycle Analysis*, é muito mais abrangente do que um estudo de balanço de energia e massa. A análise do ciclo de vida de um

produto ou serviço identifica os impactos ambientais associados a todas as etapas envolvidas: desde sua concepção até o seu destino final (disposição em aterro sanitário, reciclagem, compostagem ou incineração), passando pelo planejamento, extração e uso de matérias-primas, gasto de energia, transformação industrial, montagem e transporte do produto. É uma forma de registrar a vida de um produto do "berço ao túmulo". A figura a seguir, extraída de Brezet J. T. et al. 1994, mostra esquematicamente as variações de prioridade possíveis entre as componentes ambientais ao longo de um projeto com a aplicação dos conceitos de DFE.



As mudanças mais significativas observadas ocorrem na seleção de materiais e têm importância sequencial e cumulativa ao longo de todo desenvolvimento do projeto. São portanto, o ponto de partida para a determinação dos resultados do projeto em termos de impacto ambiental dentro da abordagem do DFE.

De uma maneira geral as regras para um projeto para o meio ambiente deve ter como principais regras, segundo Jack. H, 1993.

- Usar componentes modulares com poucas peças, que possam ser facilmente removidas e reutilizadas;
- Realizar a marcação de todos os componentes, especialmente daqueles de difícil separação;
- Fabricar peças fáceis de serem desmontadas;
- Reduzir o número de diferentes materiais e a energia utilizada para produzir as peças;
- Realizar uma seleção de materiais e da compatibilidade, evitando o uso de substâncias tóxicas.

Todos esses conceitos e regras hoje estão presentes na estratégia ambiental dos fabricantes de automóveis e mesmo de seus principais fornecedores, e incluem-se em diretrizes específicas para concepção de novos veículos tendo em vista sua reciclagem final. Essas diretrizes, segundo Coulter et al. 1996, que estudaram os casos da Chrysler e da GM, possuem muitos pontos em comum se diferenciando apenas em alguns detalhes. Os autores destacam que ambas as empresas recomendam que seus projetos focalizem:

- 1) Na seleção de materiais a redução da diversidade de materiais e evitem plásticos não compatíveis,
- 2) Na seleção de técnicas de junção (soldagem, colagem, encaixes etc) a redução da diversidade de técnicas, e a utilização de encaixes quando possível e evitem adesivos contaminantes que degradam o material.

3) No projeto de sistemas e componentes prevejam a desmontagem para reciclagem preferencialmente mecânica em vez de manual, que é mais demorada e cara, inviabilizando economicamente a reciclagem. Situação semelhante pudemos constatar pelos casos que estudamos junto às montadoras francesas Renault e PSA- Peugeot-Citroën- em relação à utilização dos plásticos.

### ***O Exemplo dos plásticos***

Na indústria automobilística, a crescente utilização de plásticos reduz o peso e aumenta a eficiência dos veículos. O principal método de reprocessamento desses plásticos passa pela desmontagem e separação das peças e pela trituração do material separado. Hoje tecnicamente todos os plásticos utilizados em automóveis são recicláveis mas exigem uma marcação específica dada sua grande diversidade.

Em um automóvel podem-se encontrar em média 40 tipos de plásticos diferentes, cada um com variações na sua composição, aditivos e corantes, e em quantidades tão pequenas que a sua separação para reciclagem não é viável.

As diversas famílias de plásticos existentes muitas vezes não são compatíveis entre si. Assim, há misturas que podem resultar em materiais sem as especificações técnicas necessárias para a reciclagem, o que afeta a reciclabilidade da peça e do automóvel como um todo. Os quadros a seguir revelam essa incompatibilidade segundo Farrington et al. (1997)

<b>Ranking</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplos</b>
1	Peça remanufaturada.	Ignição, alternadores.
2	Material da peça reciclada é claramente definida tecnológica e infra-estruturalmente	A maioria dos metais, conversores catalíticos.
3	Material possível de ser reciclado, mas não existe infra-estrutura disponível.	A maioria dos termoplásticos, vidro, material do assento.
4	Material possível de ser reciclado, mas são necessários o desenvolvimento de processos e o estudo do material.	Descanso de braço, volante, air bag.
5	Material orgânico utilizado na recuperação energética, mas não reciclado.	Produtos de madeira.
6	Materiais inorgânicos que não possuem processos de reciclagem conhecidos.	Vidro temperado, fibra de vidro.

Ranking de Reciclabilidade

Fonte : Extraído de Farrington et al. (1997) *Designing For Recycling*, da revista *Automotive Engineering*/Agosto.

<b>Ranking</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplos</b>
1	Fácil desmontagem, manualmente em menos de um minuto.	Capa inferior da coluna e direção.
2	Desmontagem com algum esforço manual em pelo menos 1 minuto.	Painel de instrumentos, rádio.
3	Desmontagem com esforço e uso de meios mecânicos ou processos de redução de tamanho.	Motores, chapas de metal.
4	Desmontagem com esforço e uso de meios mecânicos ou processos de redução de tamanho, em desenvolvimento.	Painéis de instrumento.
5	Não pode ser desmontado por nenhum processo conhecido.	Luzes de freio (lanternas traseiras).

Graus de desmontagem dos materiais

Fonte: Extraído de Farrington et al. (1997) *Designing For Recycling*, em *Automotive Engineering*/Agosto.

Segundo os autores do artigo do qual extraímos os quadros acima, pelo exemplo do painel de bordo que contém uma grande variedade de materiais entre os quais 6 tipos diferentes de plásticos, constata-se que é muito difícil separar esses materiais (taxa de separabilidade = 4). É necessário muito trabalho manual além de tecnologias de tratamento químico para descontaminação que ainda estão em desenvolvimento. O processo de separação manual é caro e não pode ser feito em larga escala. Além disso, os materiais recuperados nem sempre são tão puros como deveriam, não podendo, portanto ser reutilizados na produção de automóveis. É a partir desse tipo de constatação que se confirma a necessidade de incluir a reciclagem desde o início do projeto da peça, seja para fazer a melhor escolha de materiais. seja para elaborar o manual

de montagem, da peça e do veículo, assim como estabelecer as recomendações para as fases de montagem e desmontagem, buscando assim a maior economicidade em todo o processo.

Nada disso é evidente porque o cenário onde a reciclagem se insere, além de complexo, é extremamente dinâmico, pois as tecnologias de materiais, processos e produtos têm evoluído rápida e continuamente no sentido da melhoria da reciclabilidade dos produtos. Assim o que hoje ainda é um problema técnico ou econômico pode amanhã, por desenvolvimentos de novos processos ou melhorias nos materiais ser viável e mesmo rentável em termos de reciclagem. E como um projeto de automóvel desenvolve-se em um horizonte de 10 a 15 anos, como veremos a seguir, as montadoras precisam prever essa evolução em seus projetos. Para isso elas têm cada vez mais desenvolvido pesquisas e projetos em parceria com seus principais fornecedores de peças e materiais.

Ainda no caso do painel de Farington et al. É considerado que o projeto deve ser alterado para tornar os componentes multimateriais e compósitos mais fáceis de serem removidos quando da desmontagem, disponibilizando assim as partes maiores, tais como peles, espuma, inserções, e os dutos estruturais que por seu grande volume são mais econômicos para serem reciclados. Outra vantagem em se prever a separação dos compósitos do tipo termoplásticos dos demais materiais constituintes do painel é que a tecnologia de recuperação química, mais indicada nesses casos, através de catalisadores, ainda não está madura do ponto de vista industrial. Isso porque, para que a recuperação seja viável, deve haver material suficiente em quantidade e a baixo custo. Os materiais selecionados durante o projeto, o peso dos componentes, os métodos mais rápidos de projetar, montar e desmontar são assim fatores-chave da reciclabilidade da peça. Nas palavras dos autores “as diferenças entre os materiais e suas formas de produção, e as estratégias adotadas para a recuperação dos mesmos, podem levar a uma especialização desta atividade. Isto pode ter três vantagens: melhoria dos processos na recuperação, um direcionamento maior dos materiais e um relacionamento mais estreito com as montadoras para a desmontagem do automóvel. O apoio técnico do fabricante pode incluir instruções de desmontagem e uma ligação de volta ao reprocessamento de materiais”.

Nesse sentido é que têm crescido as parcerias entre montadoras e fornecedores durante o projeto, o chamado eco-desing. A escolha dos materiais é realizada compartilhando-se responsabilidades e competências técnicas entre as empresas responsáveis pelo material, peça ou sistema que vai entrar na composição do novo veículo. Assim, pode-se melhor acompanhar a evolução tecnológica dos diversos ramos envolvidos na produção de um automóvel: químico, metalúrgico, cerâmico, têxtil etc, assegurando uma melhor previsão para os próximos 15 a 20 anos de vida útil do automóvel.

As montadoras européias Renault e PSA, que estudamos mais de perto, estabeleceram um programa conjunto para orientar a concepção e o projeto de automóveis cada vez mais recicláveis dentro do espírito da chamada eco-concepção. Um dos objetivos específicos do programa é chegar a estabelecer normas técnicas comuns para seleção e uso de materiais automotivos em conjunto com seus fornecedores. Esse programa se iniciou com um Banco de Dados sobre os plásticos em uso e em perspectiva de lançamento comercial em parceria com os produtores de plásticos automotivos. Graças a esse trabalho em grupo as empresas dispõem hoje de um sistema integrado de informações técnicas sobre materiais visando sua reciclagem, constituído por três bases de dados diferentes originárias da Renault, da PSA e da Federação Francesa de Plasturgia.

É também em relação aos plásticos que as montadoras francesas já estão unidas no que diz respeito a recomendações e normas técnicas. Ambas recomendam muita atenção no uso desse material para que os diversos tipos sejam compatíveis entre si, possam ser reutilizados, e que se evite o uso de cola e de tintas com contaminantes químicos por dificultar a reciclagem.

Vejamos o exemplo do pára-choque, uma peça em plástico que enfrenta problemas na reciclagem. Atualmente os pára-choques de plásticos são tecnicamente possíveis de serem reciclados e a Renault mesmo já provou isso em seus laboratórios no Technocentre. Ainda há a necessidade de tornar o processo economicamente viável. O custo para produzir um pára-choque a partir de outro reciclado é maior do que utilizando o material primário convencional. Sua taxa de reciclabilidade é em teoria 3, segundo Farrington et al., mas pode descer a 4 por razões econômicas.

Nesse sentido, a Renault adotou preconizações tais como as apresentadas no quadro a seguir, e que classificam os plásticos em uso em três níveis de compatibilidade segundo as combinações possíveis, compatíveis, compatíveis sob certas condições e incompatíveis. É preciso contudo levar em consideração a diferença de tempo entre o quadros de Farrigton et al. 1997 e este que é de 1994.

	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

Compatibilidade química dos plásticos automotivos

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.

O grupo PSA – Peugeot-Citroën, por sua vez, tem atuado desde o início dos anos 90 dentro do conceito da eco-concepção ou eco-design, através de uma abordagem que eles denominaram de Reciclagem em Cascata (*le recyclage en cascade*) e que consiste em introduzir gradualmente produtos feitos a partir de material reciclado nos novos projetos de automóveis. Iniciando com componentes não estruturais (de acabamento interno, por exemplo) produzidas em parte com matéria reciclada, passando a peças quase totalmente feitas de material reciclado e, prevendo chegar a partes semi-estruturais totalmente recicladas tais como os pára-choques.

A partir de 1999, o Grupo criou em sua estrutura de engenharia de projeto três cargos de assistente de reciclagem (*correspondant recyclage*): um para cada local (site) onde se desenvolvem os projetos de novos veículos. Esses técnicos têm as seguintes atribuições :

- Assegurar a ligação entre o serviço de reciclagem e os projetos em andamento;
- Prestar assistência técnica aos projetistas no que respeita à reciclagem;
- Implantar instrumentos e métodos de acompanhamento de projetos;
- Realizar os balanços da composição dos novos veículos;
- Aplicar os sistemas de cálculo índices de reciclabilidade aos veículos em fase de desenvolvimento;
- Propor modificações na concepção que permitam aumentar a reciclabilidade dos novos modelos.

Os primeiros resultados das ações concretas das montadoras francesas no nível dos projetos concebidos com vistas à reciclagem foram o Scenic e o Clio II da Renault e o Peugeot 607 e o Citroën Xsara Picasso do Grupo PSA. No caso da PSA, essas ações focalizaram especialmente a seleção de materiais e a desmontabilidade. No caso da Renault a empresa chegou a desenvolver um novo material em parceria com a GE Plásticos, um compósito termoplástico 100% reciclável para fazer os pára-lamas dianteiros dos veículos.<sup>1</sup>

### Conclusão

Atualmente os novos modelos e as novas fábricas de automóveis já vêm sendo projetados com a componente ambiental presente desde o início. Pode-se dizer mesmo que as questões ambientais constituem um ponto cada vez mais estratégico no planejamento dessa indústria.

<sup>1</sup> Ver mais detalhes em Medina H.V. 2000 (tese doutorado na COPPE/UFRJ)

Uma estratégia consistente da desmontagem definida ainda na fase do projeto de um novo modelo propicia uma melhor reciclagem. Enfim, a reciclabilidade pode ser reforçada através de um projeto cuidadoso no sentido de tornar mais econômica a recuperação dos materiais constituintes de cada peça e do automóvel como um todo.

A atividade de projeto, desde a seleção dos materiais até a escolha das técnicas de montagem e desmontagem do conjunto, é crítica para a viabilidade da reciclagem. Assim, dentro das concepções de DFR e DFE as técnicas para projetar novos veículos serão tão mais eficientes quanto mais permitirem uma recuperação rentável dos materiais dos componentes plásticos antes da trituração das partes metálicas.

Por fim, no Brasil, com base em nosso estudo, podemos afirmar que não são as montadoras que estão no centro da organização da cadeia industrial para reciclagem de automóveis. Na verdade, aqui o papel de coordenar a rede de reciclagem cabe aos produtores de materiais notadamente às siderúrgicas, metalúrgicas e indústrias de material plástico. Esses produtores de materiais, fornecedores ou não da indústria automotiva, muitas vezes participam de todas as fases da reciclagem, ou seja: coleta, separação, recuperação de materiais, até a obtenção da matéria prima secundária para então empregá-la na produção de novos materiais a serem reintegrados no ciclo produtivo. Mas como o automóvel é um produto complexo e multimaterial o concurso das montadoras para otimizar a desmontagem e o reaproveitamento dos materiais contidos é fundamental para dar maior viabilidade econômica à reciclagem.

### **Bibliografia**

BREZET J. C. et al., “*PROMISE Handleiding voor Milieugerichte Produkt Ontwikkeling*” (PROMISE Manual for Environmentally Focused Product Development), SDU Uitgeverij, The Hague, Holanda, 1994.

COUTER S., BRÁS B., FOLEY C., “*A lexicon of green engineering terms*”, ICED 95 Praga, Agosto 1995.

COUTER S., BRÁS B., WINSLOW G., Yestler S., “*Designing for Material SEPARATION: Lessons from Automotive Recycling*”, Georgia Institute of Technology, EUA, 1996.

FARRINGTON S. D., WINSLOW G., YESTER S., COULTER S., “*Designing for Recycling*” da revista *Automotive Engineering*/Agosto 1997, pp46-48.

GOMES, D.E.B., “*Estudo sobre a Reciclagem de Materiais Automotivos*” Relatório de Iniciação Científica, conduzida por Heloísa V. Medina em 2000/2001, resumo publicado nos Anais da IX Jornada de Iniciação Científica do CETEM, sob o título *Estudo sobre a reciclagem na indústria automotiva e sua inserção em um ambiente virtual de ensino*, Rio de Janeiro, 2001, pp.

HEMEL C. G. V. AND KELDMANN T., 1996, “*Applying DFX Experiences in Design for Environment*”, *Design for X: Concurrent Engineering Imperatives*, Chapman & Hall, Londres, pp. 72-95.

JACK H., 1996, “*DI: 13\_4 Design for Recycling*”, Website <http://www.eod.gvsu.edu/>, Grand Valley State University.

MEDINA H.V., 2000, “*O projeto e a Difusão dos Novos Materiais na Industria Automobilística*”, tese de Doutorado em Engenharia de Produção, defendida na COPPE/UFRJ em 28/02, Rio de Janeiro, 166 pp.

MEDINA H.V., 2001, “*L’Industrie Automobile se Réorganise pour le Recyclage*”, artigo apresentado e publicado nos anais do IX International Colloquium of GERPISA, realizado de 6-8 de junho em Paris.

MEDINA H.V., 2001, “*Les Nouveaux Matériaux: L’innovation comme un enjeu stratégique pour les constructeurs automobile: Le cas Renault*”, Actes du GERPISA, N° 32, dec., editado por C.C.F.A Comité des Constructeurs Français d’Automobile -, Paris.