GUIDO MUZIO CANDIDO

A OTIMIZAÇÃO DO VALOR DO PRODUTO APLICADA AO PROJETO DE COMPONENTES AUTOMOTIVOS EM PRODUÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Automotiva (Mestrado Profissionalizante).

São Paulo

2005

GUIDO MUZIO CANDIDO

A OTIMIZAÇÃO DO VALOR DO PRODUTO APLICADA AO PROJETO DE COMPONENTES AUTOMOTIVOS EM PRODUÇÃO

Trabalho de Curso apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Automotiva

Orientador:
Prof. Dr. Paulo Carlos Kaminski

São Paulo
2005

FICHA CATALOGRÁFICA

Candido, Guido Muzio
A otimização do valor do produto aplicada ao projeto de componentes automotivos em produção / G.M. Candido. -- São Paulo, 2005.
102 p.

Trabalho de curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

1.Projeto automotivo 2.Custo industrial (Redução) 3.Qualidade da produção 4.Qualidade de produtos ao consumidor I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. II.t.

"Tenho enorme respeito e a mais elevada admiração por todos os engenheiros, especialmente pelo maior deles: Deus!"

Thomas Alva Edison (1847-1931)

Inventor com mais de 2000 patentes, entre as quais, a da lâmpada elétrica.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Paulo Carlos Kaminski, pela parceria e confiança, que por suas sábias orientações e recomendações em muito engrandeceram o conteúdo deste Trabalho.

Aos meus pais Adriana e Hales, por uma vida inteira de amor, dedicação, apoio e incentivo à educação e união de nossa familia e aos meus três irmãos Haliana, Alessandro e Giuliano pela força e compreensão.

À Vanessa, pelo incentivo, apoio e inteligência no auxílio a estruturação e conclusão deste Trabalho, onde por muitas vezes abdicou seu tempo para ajudar-me.

A todos os professores e colaboradores do curso que, de modo direto ou indireto, cooperaram para a conclusão deste Trabalho.

Aos companheiros da General Motors do Brasil, que diretamente incentivaram, colaboraram, orientaram e revisaram o presente trabalho, expresso meus sinceros agradecimentos em especial aos Srs. Carlos Cuccioli, Luiz Cássio Iório, Gerson Pagnotta, Tânia Mara S. Farias, Luiz H. Fascina, Marcos Bertoni, Filippo Santolia Jr., Francisco C. Piacenti, Carlos Alberto Monteiro, Rodrigo Comfort, Adriano Oliveira e Luiz Gustavo P. Campos.

E a Deus sobre todas as coisas.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar, analisar e propor, de forma detalhada, o processo de otimização do valor do produto aplicado em componentes automotivos atuais de produção na indústria automobilística, onde os requisitos necessários de qualidade, desempenho e redução de custos são priorizados. O assunto é introduzido com uma descrição das justificativas técnicas e econômicas do tema. A seguir são enfocadas e detalhadas duas metodologias: a tradicional do desenvolvimento do produto e a da engenharia de otimização do valor do produto, a EOVP, pois uma análise conjunta das duas metodologias mostra com clareza as vantagens de otimizar o valor do produto. Visando uma melhor compreensão dos conceitos abordados, na sequência são apresentados estudos de casos de aplicação da EOVP em componentes de veículos com e sem a percepção direta do cliente final (consumidor). Os resultados obtidos mostram: a economia anual para a montadora de veículos, os índices de qualidade interna (na fábrica após a implementação dos produtos na linha de produção) e qualidade externa (opinião do consumidor após período de exposição dos componentes no campo) e principalmente as lições aprendidas para serem aplicadas aos novos desenvolvimentos de projetos de produtos automotivos.

ABSTRACT

The objective of this project is to present, analyse and propose, in detail form, the product value optimization process applied to current production components in automotive industries, wherein the necessary requirements of quality, performance and cost reductions are priority. The subject begins with a description of technical and economical apologies of the theme. Next, in the context, are emphasized and detailed two methodologies: the current product development and product value optimization engineering, the PVOE because an analysis of both methodologies clarifies the advantages of optimize the value of product. In order to have a better comprehension of described concepts, in sequence case studies of PVOE are presented applied in automotive components with and without direct client perception (customer). The acquired results show: the annual saving for car makers, the internal quality (inside the factory after the implementation of products at assembly line) and outside quality indexes (customer opinion after a period of field exposition of components) and lessons learned in order to address for new design developments of automotive products.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1. INTRODUÇÃO 1
   1.1 Objetivos 3
   1.2 Estruturação 3

2. ENGENHARIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS AUTOMOTIVOS 4
   2.1 Introdução 4
   2.2 O ciclo de vida do produto 4
   2.3 Conceituação 6
   2.4 O processo de desenvolvimento: desde o conceito até o mercado 6
      2.4.1 Preparação ou desenvolvimento do conceito do produto 7
      2.4.2 Estruturação ou planejamento do produto 8
      2.4.3 Desenvolvimento e implementação pela engenharia de produto 8
      2.4.4 Encerramento pela engenharia de processo ou manufatura 10
   2.5 Métodos atuais de desenvolvimento de produtos 11

3. ENGENHARIA DE OTIMIZAÇÃO DO VALOR DE UM PRODUTO AUTOMOTIVO EM PRODUÇÃO 23
   3.1 Introdução 23
   3.2 Campo de aplicação 26
   3.3 A identificação de oportunidades e princípios e objetivos da EOVP 27
   3.4 A metodologia de desenvolvimento da EOVP 30
   3.5 O processo de implantação de uma proposta da EOVP 36
   3.6 Vantagens da aplicação da metodologia da EOVP 37

3.7 Estrutura e estratégia organizacional da EOVP na cadeia automotiva ... 38

4. ESTUDOS DE CASOS E ANÁLISE CRÍTICA DA APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DE OTIMIZAÇÃO DO VALOR DO PRODUTO EM PRODUÇÃO 45

4.1 Objetivos da pesquisa 45

4.2 Os estudos de casos 46

4.3 Análise crítica 66

5. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA A MELHORIA DO PROJETO AUTOMOTIVO 70

5.1 Campo de aplicação 70

5.2 A estrutura da metodologia proposta 72

5.3 Sugestões de trabalhos futuros 77

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 80

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 83

ANEXO A – Exemplo do banco de dados de propostas da EOVP 87

ANEXO B – Exemplos de comparativos de veículos e componentes 90

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Resultados de cada fase do processo APQP 20
Tabela 4.1. Comparação de materiais atual e proposto do porta-luvas 48
Tabela 4.2. Modificações realizadas pelo método da EOVP 51
Tabela 4.3. Incidentes externos versus meses de produção..... 52
Tabela 4.4. Economia anual acumulada desde 1997 67
Tabela 4.5. Idéias implementadas versus idéias identificadas 68
Tabela 4.6. Índice de componentes nacionais em veículos 68
Tabela 5.1. Idéias implementadas versus idéias identificadas na EOVP 77
Tabela 6.1. Propostas da EOVP efetivadas na GMB divididas por categorias 82

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Vendas e lucros durante a vida do produto, da concepção ao abandono 5
Figura 2.2. As quatro fases do ciclo de vida de um projeto 7
Figura 2.3. Fases do projeto de um novo produto 9
Figura 2.4. Setores envolvidos e responsáveis pelas atividades de desenvolvimento 12
Figura 2.5. Diagrama esquemático das principais áreas relacionadas com a engenharia de produtos 14
Figura 2.6. Processo de desenvolvimento de sistemas aviônicos 18
Figura 2.7. Desenvolvimento de produtos pelo método APQP 20
Figura 3.1. Principais estratégias de uma indústria automotiva 25
Figura 3.2. Fases de atuação da EOVP no ciclo de vida de produto automotivo. 27
Figura 3.3. Fluxo esquemático do desenvolvimento de uma proposta da EOVP. 31
Figura 3.4. Modelo de formulário de propostas 32
Figura 3.5. Comparativo virtual e real de um ensaio de impacto frontal de um mesmo veículo mostrado nas vistas frontal (A) e inferior (B) 35
Figura 3.6. Fluxo de implantação de propostas da EOVP na produção 37
Figura 3.7. Representação de uma estrutura organizacional tipo funcional da EOVP na indústria automotiva 39
Figura 3.8. A estrutura organizacional tipo matricial da EOVP na montadora ... 40
Figura 3.9. Diagrama das áreas estrategicamente relacionadas com a EOVP 41
Figura 3.10. “Teardown” da porta do Astra 42
Figura 3.11. Estrutura funcional da EOVP e representantes de áreas envolvidas 43
Figura 4.1. Ilustração de um conjunto da caixa do porta-luvas e seus principais componentes 47
Figura 4.2. Medição de esforços da tampa do porta-luvas 49
Figura 4.3. Teste de impacto frontal no veículo Astra 49
Figura 4.4. Porta-luvas após teste de impacto frontal 50
Figura 4.5. Ilustração de isolador no veículo Meriva 53
Figura 4.6. Abertura do isolador com e sem “air bag” 55

Figura 4.7. Exemplo de veículo em teste de ruído em câmara semi-anecóica 55
Figura 4.8. Conjunto de bancos do veículo Celta 56
Figura 4.9. Regiões de aplicação do material proposto em vinil nos bancos 57
Figura 4.10. Fixação da placa de licença no suporte 59
Figura 4.11. Nova proposta de fixação da placa de licença 60
Figura 4.12. Seção do pára-choque na região de fixação da placa de licença 61
Figura 4.13. Localização do conjunto acendedor de cigarros e cinzeiro 62
Figura 4.14. Detalhe do acendedor de cigarros e cinzeiro 62
Figura 4.15. Tipos de acendedores de cigarros automotivos 63
Figura 4.16. Comparativo entre acendedor e tomada de força automotivos 63
Figura 4.17. Localização do conjunto tomada de força e porta-objetos 64
Figura 4.18. Detalhe proposto da tomada de força e porta-objetos 65
Figura 5.1. Destaque da fase de preparação para aplicação da EOVP no ciclo de vida de um novo projeto 71
Figura 5.2. Inclusão da EOVP no diagrama esquemático das principais áreas relacionadas com a engenharia de produtos 72
Figura 5.3. Fluxo esquemático de utilização do banco de dados da EOVP 74
Figura 5.4. Exemplo de banco de dados de proposta desenvolvida na EOVP 76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	– "Acrylonitrile butydiene styrene" – acrilonitrila butadieno estireno: sigla de material plástico de alta resistência mecânica
AIAG	"Automotive Industry Action Group" – grupo de ação da indústria automotiva
APQP	– "Advanced Product Quality Planning" – planejamento avançado da qualidade do produto
AV/ EV	– Análise do Valor / Engenharia do Valor
CAC	– Centro de atendimento ao consumidor
CAD/CAE	– "Computer Aided Design / Computer Aided Engineering" – projeto e engenharia auxiliados por computador
DFMA	– "Design for manufacturability and assembly" – projeto para manufaturabilidade e montagem
DFSS	– "Design for Six Sigma" – projeto utilizando o conceito seis sigma
EOVP	– Engenharia de otimização do valor do produto
EPDM	– Etileno, propileno e dieno monômero – sigla de material de borracha
EQF	– Engenharia da qualidade do fornecedor
FMEA	– "Failure Mode and Effect Analysis" – análise do modo de falha e seus efeitos
GM	– General Motors – usada no sentido da GM global
GMB	– General Motors do Brasil
IPTV	– "Incident per thousand vehicles" – ocorrência de incidentes em mil veículos
ISO	– "International Organization for Standardization" – organização internacional para padronização
MIS	– "Months in service" – meses em uso do veículo pelo cliente
PP	– "Polypropylene" – polipropileno – sigla de material termoplástico
PPAP	– "Production Part Approval Process" – processo de aprovação de peças para produção
PVC	– "Polyvinyl chloride" – Policloreto de vinila, material plástico

PVOE	– “Product Value Optimization Engineering” – engenharia de otimização do valor do produto
QFD	– “Quality Function Development” – desenvolvimento das funções da qualidade
SOP	– “Start of Production” – início de produção em massa de um veículo ou componente novo em produção
S&R	– “Squeaks & Rattles” – rangidos e ruídos de chocalho (diz-se de certos ruídos internos gerados no veículo em movimento)
T20	– Vinte por cento de talco no plástico para melhor resistência mecânica
VSAS	– “Vehicle Synthesis, Analysis & Simulation” – sistema virtual de análise e simulação veicular

1. INTRODUÇÃO

Com a abertura do mercado brasileiro a partir de 1990 e em paralelo a recente globalização, as empresas do setor automobilístico instaladas no Brasil contam agora com a participação de mais empresas estrangeiras no mercado nacional acirrando ainda mais a competição em um mercado automotivo de consumidores cada vez mais exigentes que buscam produtos com maior qualidade e menor custo (Seungwook; et al, 2001). Em resposta a estas pressões, este trabalho apresenta um estudo do desenvolvimento de produtos automotivos em produção focada na otimização do custo, ou seja uma engenharia de otimização do valor do produto (EOVP), cujo objetivo essencial é a modificação do produto corrente preservando a qualidade e reduzindo custos a curto e médio prazo (GMB, 2003).

Estas modificações em um produto automotivo ao serem implementadas, devem gerar redução de custos, podendo agregar novas características que satisfaçam o cliente final, melhorar a qualidade e a confiabilidade, serem comunizados com outros componentes de mesma função, entre outros (Majeske; et al, 1997). Observa-se que a EOVP apenas complementa de modo criativo e inovador a atual engenharia de desenvolvimento de novos produtos, embora em muitas indústrias exista também a área da engenharia de melhoria contínua de projetos correntes, porém com foco exclusivo em qualidade do produto final.

Serão enfocadas duas metodologias aplicadas à engenharia automotiva, a tradicional do desenvolvimento do produto (Kaminski, 2000) e a EOVP. Esta última contém os mesmos princípios e metodologias da anterior, porém para o escopo da otimização, serão detalhados os seguintes aspectos: os objetivos; a origem das idéias, das propostas e das sugestões; os tipos de atividades – nacionalização e redução de custo técnico; as fases de desenvolvimento – análise, planejamento e implementação e por fim o relacionamento e comunicação com a cadeia produtiva.

Será descrita também a interação entre os vários departamentos de uma organização automotiva – qualidade, compras, “marketing”, “teardown”, “design”, pós-vendas, finanças, engenharia de manufatura, engenharia de produtos, qualidade do fornecedor, entre outros – resultando em um time multifuncional (Maffin, 2001) para projetos da EOVP.

Para o êxito do desenvolvimento de um projeto otimizado, utilizam-se essencialmente as mesmas ferramentas importantes da engenharia de produtos tais como a infra-estrutura – laboratórios, pistas de testes, protótipos; as tecnologias e metodologias nos projetos de engenharia, análise do valor, geração de idéias (“brainstorming”), comparativos entre veículos da concorrência (“benchmarking”), ferramentas de suporte da engenharia; a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e processos com enfoque na qualidade em projeto; os recursos econômicos e humanos da empresa (Calderini, 1997). É importante ressaltar a necessidade de uma boa estrutura organizacional com canal aberto de comunicação entre as áreas envolvidas (Majeske; et al, 1997).

De modo a compreender o desenvolvimento das atividades da EOVP, objetivo deste estudo, foram utilizados alguns produtos automotivos em produção da empresa General Motors do Brasil (GMB) como por exemplo os componentes dos veículos Astra, Meriva, Celta e S10 já modificados e implementados na fábrica. As nacionalizações do conjunto da caixa do porta-luvas do Astra (Silva, 2004), a mudança de material do isolador termo-acústico do compartimento do motor do Meriva, o novo material dos bancos e a tomada de força do Celta e o suporte da placa de licença no pára-choque dianteiro da picape S10, são mostrados e analisados como exemplos de estudos de casos para a aplicação da EOVP em produtos correntes. Os resultados obtidos mostram a economia anual para a montadora de veículos, os índices de qualidade internos – na fábrica após a implementação na linha de produção e os índices de qualidade externos – opinião de consumidores após período mínimo de exposição no campo, neste último envolvendo também a confiabilidade durante o período de garantia de um veículo (Majeske; et al, 1997).

1.1 Objetivos

O propósito deste trabalho frente ao mercado competitivo globalizado é o desafio da aplicação da engenharia de desenvolvimento de um produto automotivo planejado, criativo, otimizado e de qualidade com foco em redução de custos em produtos em produção.

1.2 Estruturação

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 2: introduz, conceitua e descreve em linhas gerais o ciclo de vida do produto e o processo tradicional de desenvolvimento de produtos automotivos e seus objetivos.

Capítulo 3: introduz e apresenta o processo de otimização do valor do produto automotivo em produção. Aborda a filosofia do projeto, as razões de aplicação em produtos atuais e campo de aplicação. Na seqüência, são discutidos os objetivos e os usos de ferramentas de engenharia, qualidade, manufatura e, agora, da otimização do valor do produto com estratégia, organização e gerenciamento.

Capítulo 4: são citados exemplos práticos em uma indústria automotiva do Brasil, a General Motors do Brasil. Com os resultados obtidos, são feitas análises críticas dos exemplos em relação à metodologia da EOVP.

Capítulo 5: apresenta uma proposta de metodologia da EOVP para melhoria de um projeto automotivo. Aos produtos implementados ou não com sucesso, recomendam-se a criação de um banco de dados para rastreabilidade, controle e aplicação de novos projetos (Romio, 2003) e recomendações futuras para os projetos automotivos desde o seu nascedouro até a implementação em produção.

Capítulo 6: descreve as considerações finais de todo o escopo do Trabalho.

2. A ENGENHARIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS AUTOMOTIVOS

2.1 Introdução

Para uma melhor compreensão do desenvolvimento de um novo produto é inicialmente apresentado neste capítulo as estratégias do ciclo de vida do produto. Trata a seguir da conceituação e do processo tradicional de desenvolvimento de um projeto ou produto automotivo, desde o momento em que o produto é definido até o momento em que o mesmo é lançado no mercado.

Muitos são os métodos utilizados para o desenvolvimento do produto, mas todos, basicamente, apresentam a mesma estrutura ou etapas, as quais são: desenvolvimento do conceito do produto, planejamento, engenharia do produto e engenharia de processo.

O grande diferencial e o sucesso de cada um dos métodos fica a cargo da forma com que é administrado o fluxo de informações entre as quatro etapas do desenvolvimento, o comprometimento da corporação como um todo e também por conta das habilidades e criatividades dos engenheiros responsáveis (Clark, Fujimoto, 1991).

2.2 Ciclo de vida do produto

Para melhor compreensão em qual fase do ciclo de vida de um produto a engenharia de desenvolvimento de produtos atua, a Figura 2.1 mostra um gráfico típico de ciclo de vida do produto, o curso que as vendas e lucros do produto seguem ao longo de sua vida no mercado. Esse ciclo envolve cinco estágios distintos (Kotler, Armstrong, 1999):

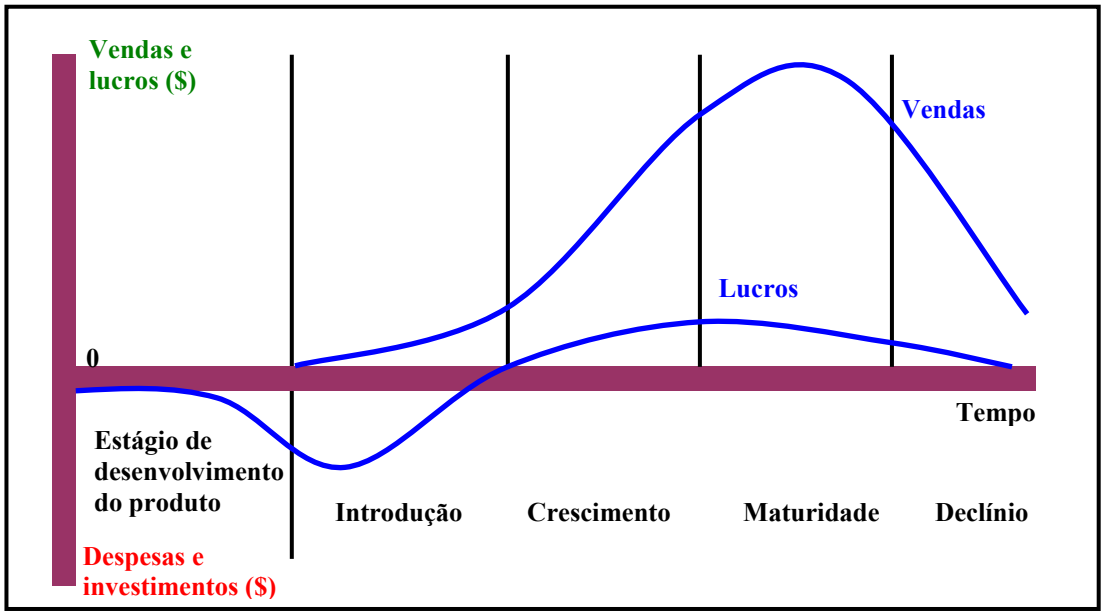


Figura 2.1. Vendas e lucros durante a vida do produto, da concepção ao abandono (Kotler, Armstrong, 1999).

(1) Desenvolvimento do produto: começa quando a empresa encontra e desenvolve a idéia de um novo produto por engenharia. Durante o desenvolvimento as vendas são iguais a zero e os custos do investimento são crescentes.

(2) Introdução: período de lento crescimento das vendas à medida que o produto é introduzido no mercado. Não há lucros neste estágio devido aos altos custos da introdução do produto.

(3) Crescimento: período de rápida aceitação do mercado, alta procura e de lucros crescentes. O produto tende a massificar-se. Chegam novos competidores.

(4) Maturidade: período em que o crescimento das vendas diminui, pois o produto teve aceitação de grande parte dos compradores potenciais. O nível de lucros torna-se estável ou reduz-se devido aos crescentes gastos com marketing para defender o produto da concorrência.

(5) Declínio: período em que as vendas e os lucros caem. A procura pelo produto diminui, os lucros sofrem uma rápida erosão em direção ao ponto zero.

2.3 Conceituação

O processo de desenvolvimento de produtos pode ser definido como um conjunto de atividades integradas em partes simultâneas com resultados mensuráveis e seqüenciais, envolvendo quase todos os departamentos da empresa, que tem como objetivo a transformação de necessidades de mercado, explícitas ou implícitas em produtos ou serviços economicamente viáveis (Kaminski, 2000).

O projeto é a atividade principal de quem desenvolve produtos. Todo e qualquer desenvolvimento envolve sempre fatores tecnológicos, econômicos, humanos e ambientais. O que varia de um produto para outro é a importância relativa destes fatores. O projeto sofre também influências do meio social, cultural e político e pode mudar hábitos, costumes e gerar novas necessidades (Kaminski, 2000). Por exemplo, o incentivo do governo brasileiro em reduções de impostos, a partir dos anos 90 para a produção de veículos de passeio compactos com motores de 1.0 litro, levou a uma produção atual de mais de 60% da produção nacional, tornando-os mais acessíveis à população.

A missão da engenharia de produtos automotivos é projetar e participar no desenvolvimento de materiais, componentes, sistemas e veículos, atendendo requisitos dos mercados nacional e de exportação. Assegurar a confiabilidade da qualidade do produto através de inspeção, ensaios e validação, garantindo o desenvolvimento de veículos de alto nível, juntamente com a rede de fornecedores e demais departamentos da empresa. Atingir o entusiasmo dos clientes internos e externos, desenvolvendo soluções de qualidade mundial, que resultem em produtos competitivos, respondendo aos objetivos da empresa e aos desafios da concorrência.

2.4 O processo de desenvolvimento: desde o conceito até o mercado

O ciclo de vida ou o processo de desenvolvimento de um projeto é a seqüência de fases do início ao fim do projeto e variam de uma empresa para outra e são específicos para cada projeto. É dividido em quatro fases principais: preparação,

estruturação, desenvolvimento e encerramento. Normalmente, antes que uma fase termine, a próxima fase é iniciada, como mostra a Figura 2.2 (Maximiano, 2002).

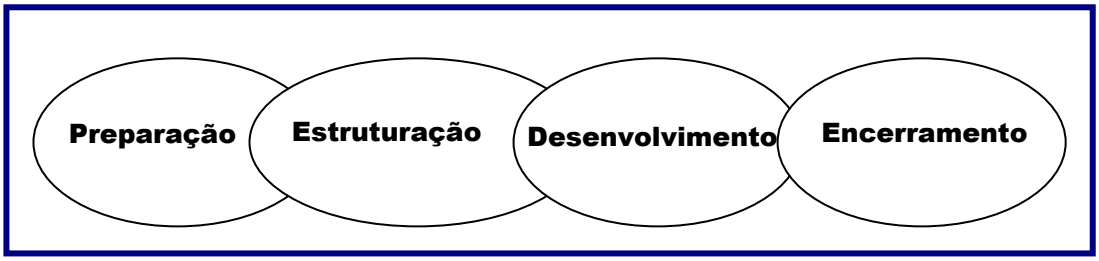


Figura 2.2. Fases do ciclo de vida de um projeto (Maximiano, 2002).

2.4.1 Preparação ou desenvolvimento do conceito do produto

Nesta etapa é elaborada a galeria de idéias criativas, ou seja, são coletadas as informações do produto que visam à satisfação do cliente ou do consumidor final. A galeria de idéias pode ser subdividida em três classes de informações principais: as informações de mercado através de dados estatísticos do mercado, pesquisas junto às concessionárias e à imprensa especializada, comparações com veículos da concorrência ou "benchmarking".

As informações do planejamento estratégico, ou seja, informações como o ciclo de vida do produto e sua família ou categoria, público alvo, e finalmente as informações técnicas do produto, são importantes somente quando o tempo de desenvolvimento de tecnologias é menor que o tempo necessário para o lançamento de um novo produto.

Administrar o processo de desenvolvimento dos conceitos do produto não é uma tarefa fácil, já que nesta etapa exige um correto balanceamento entre as necessidades da liderança do projeto e a criatividade individual de cada um dos integrantes do grupo de trabalho.

2.4.2 Estruturação ou planejamento do produto

Após definidos os conceitos do produto, a área de planejamento passa a trabalhar em três atividades técnicas de extrema importância: o estilo, o arranjo físico e a procedência dos componentes ou produtos.

O estilo define formas externas do produto; o arranjo físico ou "layout" do produto define a distribuição do espaço interno do produto e por fim a fonte dos componentes define quais os componentes a serem utilizados no produto serão novos ou cópia de peças já existentes em linha de produção, se devem ser fornecidos ou produzidos internamente e qual o nível de tecnologia que estes componentes devem possuir. A estas informações acrescenta-se o planejamento de prazos e custos de desenvolvimento do produto. Desta forma iniciam-se efetivamente os trabalhos de engenharia.

2.4.3 Desenvolvimento e implementação pela engenharia de produto

Nesta etapa do processo muitas decisões sobre o produto já foram definidas como: ciclo de vida do produto e de sua família, estilo, "layout", custo, desempenho, fonte dos componentes. É exatamente neste ponto que a engenharia de produto inicia o seu trabalho, ou seja, ela passa a desenvolver, validar e implementar o plano definido nas etapas anteriores.

Na engenharia de produto existem três aspectos importantes: o real entendimento do que foi definido no desenvolvimento do conceito do produto; a construção e testes dos protótipos e a administração das mudanças no decorrer do processo (Clark, Fujimoto, 1991).

Cada indústria automotiva no entanto possui características próprias no desenvolvimento de projetos. No caso da GMB, por exemplo, a engenharia de produtos é responsável pelo desenvolvimento de novos produtos, pela melhoria contínua dos produtos correntes e pela redução de custos com foco nos produtos em

produção sem perda da qualidade. Desde a aprovação do conceito criado pelo o departamento de estilo ou ”projeto” até a versão final do produto para produção, a engenharia de produtos é responsável pela viabilidade do projeto, especificação, desenvolvimento, validação, finalização e implantação dos projetos na linha de produção.

A Figura 2.3 a mostra cada uma das quatro fases menores dentro da fase de desenvolvimento e implementação de um projeto de um novo produto (Maximiano, 2002).

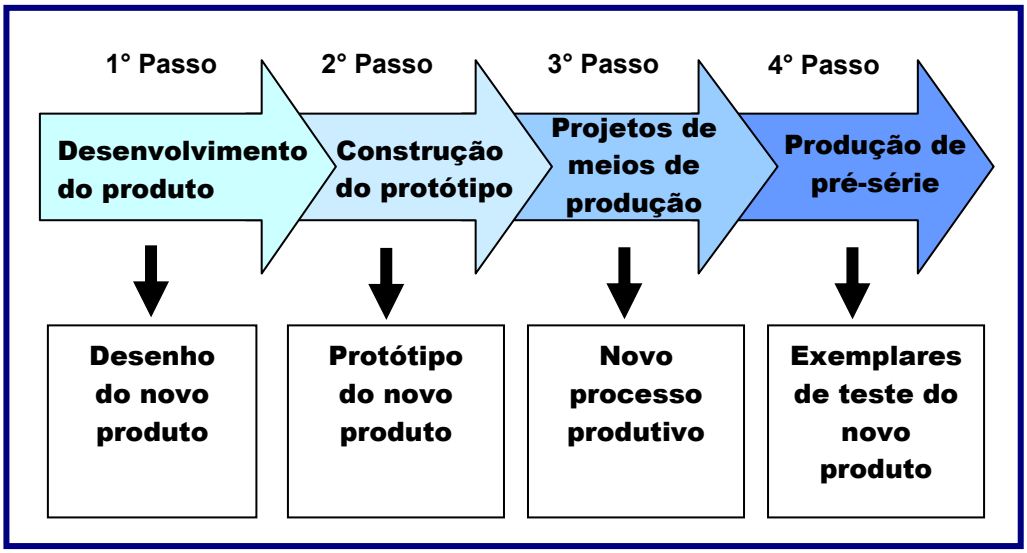


Figura 2.3. Fases do projeto de um novo produto (Maximiano, 2002).

As atividades da engenharia de produtos automotivos também incluem projetar e participar do desenvolvimento de materiais, componentes, sistemas e veículos, atendendo requisitos dos mercados nacional e de exportação, desenvolvendo soluções de qualidade mundial que resultem em produtos competitivos, além de assegurar a confiabilidade da qualidade do produto através de inspeção, ensaios e validação.

2.4.4 Encerramento pela engenharia de processo ou manufatura

A engenharia de processo é responsável pela definição e validação do processo de montagem dos novos produtos na linha de produção. Durante as fases de desenvolvimento do produto, a engenharia de processo interage com a engenharia de produtos de maneira a garantir a viabilidade do processo de montagem do novo produto.

Desta maneira, nesta etapa, os detalhes de montagem são validados pela engenharia de processo através do acompanhamento do novo produto na linha de produção em um número de veículos definido previamente, denominado de corrida piloto ou pré-série.

Como nas etapas do desenvolvimento do produto, a engenharia de processo também realiza outras ações importantes, tais como: agir simultaneamente com a engenharia de produtos, já que atualmente o mercado exige renovações ou novos lançamentos em um curto espaço de tempo; comunicar e solucionar problemas, na qual o bom relacionamento e entendimento com a engenharia de produtos são fundamentais para que não se perca muito tempo construindo, modificando ou testando os produtos e processos; conciliar o desenvolvimento do processo e o volume da produção durante a curva de aceleração de um novo produto (Maximiano, 2002).

Visando não prejudicar o volume de produção, obter maior agilidade e menor custo no processo, algumas empresas estão buscando alternativas para efetivação da corrida piloto de maneira robusta e consistente, como construir uma linha paralela à linha de produção normal ou utilizar uma planta em separado da linha atual.

2.5 Métodos atuais de desenvolvimento de produtos

Em uma indústria automotiva, de modo geral, a engenharia de produtos é composta pela engenharia de desenvolvimento e a engenharia de melhoria contínua de produtos em produção.

A metodologia atual de desenvolvimento de um projeto em geral se processa na seguinte ordem: a fase do projeto do produto formado pelo estudo de viabilidade, projeto básico e projeto executivo ou completo, e a fase de planejamento para a fabricação do produto (Kaminski, 2000).

O planejamento operacional é o processo de definir as atividades e os recursos necessários no curto prazo para o processo de desenvolvimento do produto. A planilha mostrada na Figura 2.4 é um caso decorrente de uma metodologia de trabalho para estruturação de um projeto e seu planejamento operacional, que relaciona os setores envolvidos e responsáveis com as atividades de desenvolvimento do produto e sua classificação (Kaminski, 2000).

Nota-se que a planilha da Figura 2.4 dá ênfase às atividades de desenvolvimento do produto, setores envolvidos e responsabilidades, distribuídas pelas fases chamadas de viabilidade, desenvolvimento, implantação e lançamento.

Existe uma pequena diferença na seqüência das atividades apresentadas na Figura 2.4. Normalmente na indústria automotiva a validação do produto é iniciada e terminada antes que se conclua a validação do processo, por isso seria mostrada antes.

	Comercial	Marketing	Engenharia	Produção	Logística	Suprimentos	Controladoria	Diretoria	Atividades	Decisões
Viabilidade	■	□	■	■	■	■	■	■	Captação de idéias	
		□	■						Análise de idéias	●
			□	■	■	■			Análise de viabilidade técnica	
	■	□							Dados de mercado	
		■	□						Características técnicas do produto	
		□						■	Adesão ao planejamento estratégico	●
	■	■					□	■	Análise econômica / financeira	●
Desenvolvimento		■	□	■	■	■			Planejamento do desenvolvimento do produto	
			□						Projeto do produto	●
			□						Protótipos / amostras / testes	
			■			□			Desenvolvimento de fornecedores	
			□	■					Desenvolvimento do processo	
		□	■		■	■			Definição da embalagem	
		■	□						Solicitação de marcas e patentes	
Implantação			■	□		■		■	Aquisição dos meios de produção	●
			□	■					Try-out / lote piloto	
			■	□					Validação do processo	
		■	□						Validação do produto	●
Lançamento	■	□						■	Estratégia de lançamento	●
	■	■	□						Elaboração da documentação externa	
	■	□					■		Definição de preço de venda	
	■	□							Teste de mercado	
			■	■	□				Definição de logística, distribuição	
		■	□						Validação final do desenvolvimento	●

■ **Setor envolvido com a atividade**

□ **Setor responsável pela atividade**

● **Pontos de controle no desenvolvimento de produto**

Figura 2.4. Setores envolvidos e responsáveis pelas atividades de desenvolvimento (Kaminski, 2000).

A engenharia de produtos busca essencialmente a melhoria da qualidade do projeto por meio de estudos de viabilidade e processos criativos de desenvolvimento de alternativas, aplicando as tradicionais ferramentas de engenharia tais como FMEA ("Failure Mode and Effect Analysis" ou análise do modo de falha e seus efeitos), AV/EV (Análise do Valor/Engenharia do Valor), CAD/CAE ("Computer Aided Design/Computer Aided Engineering" ou projeto e engenharia auxiliados por computador), ou utilizando novas tecnologias ou ainda materiais alternativos.

Entretanto, durante o desenvolvimento, podem ser necessárias modificações não previstas no produto devido a diversos fatores, como por exemplo necessidade de ajustes de montagem, modificações nas contra-peças, adição de reforços nos componentes, modificações de material para atender a um determinado processo, entre outros. Nestes casos, estes fatores podem levar a um incremento do custo do produto final ou em maiores investimentos em projeto de engenharia ou de ferramental, o que pode conduzir à inviabilidade do novo programa.

Considerando-se a grande quantidade de departamentos que podem estar envolvidos em um processo de desenvolvimento de um novo produto no ambiente de uma indústria automotiva, a Figura 2.5 mostra o exemplo de um diagrama contendo os principais departamentos responsáveis por desempenhar atividades diretamente relacionadas com a engenharia de produtos no desenvolvimento dos produtos novos ou em produção. Esta consideração tem por objetivo mostrar os compromissos das principais áreas envolvidas com a engenharia de produtos. Com isso, o diagrama da Figura 2.5 cobre também, mediante adaptações, outros ambientes automotivos.

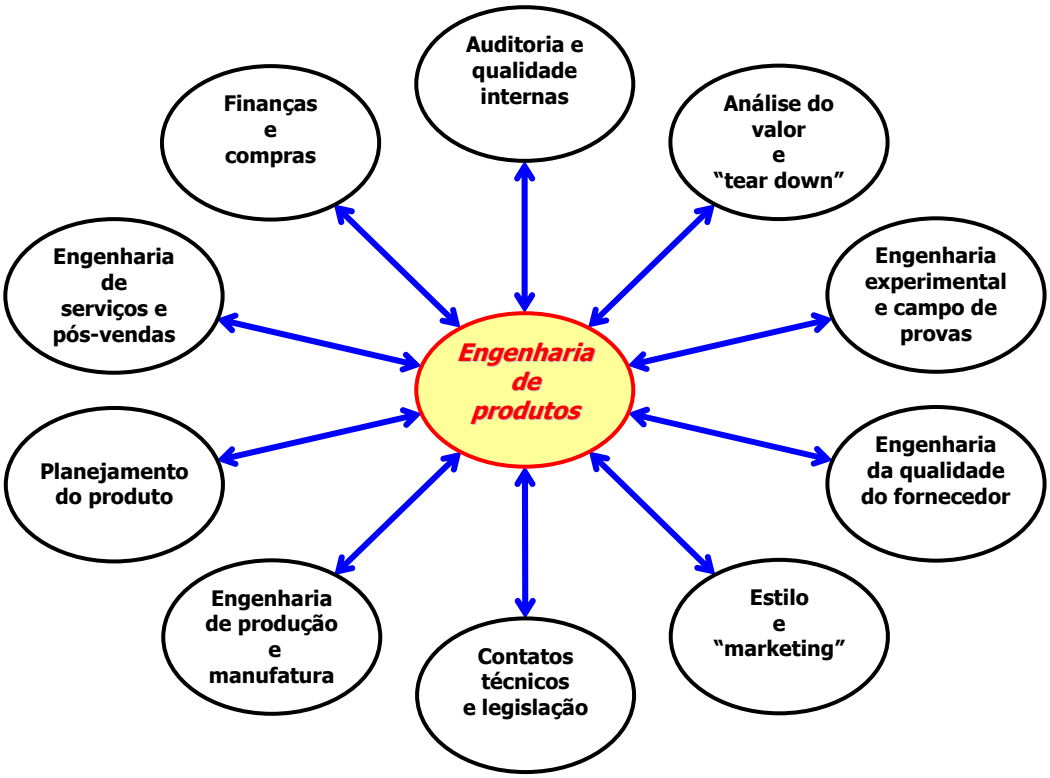


Figura 2.5. Diagrama esquemático das principais áreas relacionadas com a engenharia de produtos (Candido, 2004).

Os dados de entrada para a engenharia iniciar o desenvolvimento de novos programas, em geral, são provenientes das áreas de planejamento do produto, estilo e "marketing".

O grupo do planejamento do produto fornece as estratégias e diretrizes de um determinado programa e cronogramas gerais de eventos, tais como, datas limites de entrega de desenhos, de aprovação de protótipos, datas de início de corrida piloto, de início de produção, entre outros. O departamento de estilo, responsável pelos sistemas que tenham interfaces com o usuário, passa à engenharia de produtos quais são as formas externas que o novo produto deve seguir.

A área de "marketing", por sua vez, é responsável pela estratégia de divulgação dos modelos de veículos para o mercado e informa quais os requisitos e necessidades dos consumidores que devem estar disponíveis nos veículos, como por exemplo, níveis de conforto e de acabamento, de cores, de motorização, entre outros.

Desenvolver um produto implica definir os benefícios que ele irá oferecer. Esses benefícios são comunicados e fornecidos para a engenharia através dos atributos do produto. Para o departamento de "marketing", o principal requisito estaria relacionado às características do novo produto. Este requisito engloba os sub-requisitos: opção oferecida, necessidades de mercado e expectativa do cliente (Kotler e Armstrong, 1999).

A partir das informações e necessidades técnicas definidas pela engenharia conforme os requisitos mercadológicos, esta solicita à área de compras, responsável pela administração de contratos de projetos com fornecedores e pelo suprimento necessário de componentes às linhas de produção, um suporte comercial quanto aos custos do projeto, como por exemplo, os custos de novas peças e os investimentos em ferramentais, ou eventuais parcerias com fornecedores.

O departamento de finanças é responsável pelo total controle de orçamentos e investimentos das plataformas de veículos que estão em processo de desenvolvimento e responsável também por estudos completos de viabilidade de negócios para os veículos.

As áreas de suporte à engenharia de produtos para o desenvolvimento são: a engenharia de manufatura, a auditoria e a qualidade interna, a análise do valor e "teardown", contatos técnicos e legislação e por fim a engenharia da qualidade do fornecedor.

A auditoria e a qualidade interna, responsáveis pela qualidade dos veículos produzidos como um todo, fornecem, por exemplo, informações sobre quais critérios ou padrões de qualidade são determinantes para o produto, tais como a repetibilidade das peças, a montabilidade, o acabamento satisfatório (aparência), os esforços adequados de montagem, a concordância e alinhamento entre peças, e outros. Atuam também traduzindo as necessidades ou reclamações de clientes internos e externos de forma mais rápida para a engenharia de produto, além de fornecerem informações a

respeito de experiências anteriores quanto à qualidade e quanto aos processos de montagens dos produtos similares aos novos.

O grupo de análise do valor e "teardown" contribuem com a realização de comparativos entre produtos internos e externos, ou seja, veículos completos, sistemas e componentes da concorrência, enviam sugestões de projetos observados em outros veículos e dispõe ainda de um banco de dados com informações detalhadas dos concorrentes (Anexo B).

O departamento de contatos técnicos e legislação informa à engenharia quais são os critérios, normas e especificações legais e governamentais que devem ser atendidas no desenvolvimento dos novos componentes veiculares, no Brasil e no exterior, além de orientar e auxiliar na interpretação dos mesmos.

Por fim, a engenharia de qualidade do fornecedor é responsável pela averiguação da qualidade dos componentes e sistemas entregues pelos fornecedores à montadora, onde, através de relatórios de testes e especificações emitidos pelos próprios fornecedores, garante a qualidade do produto final na produção. A qualidade do produto é uma das principais ferramentas de posicionamento no mercado e é a capacidade deste produto de desempenhar suas funções. Inclui entre outras, sua durabilidade geral, confiabilidade, precisão e facilidade de operação e consertos pós-vendas (Kotler, Armstrong, 1999).

As áreas de testes e validações, como por exemplo, a engenharia experimental e o campo de provas, auxiliam o engenheiro de produto na realização de montagens experimentais de componentes, de confecção de peças protótipos, de execução de testes físicos e laboratoriais normalizados, de simulações de testes destrutivos e não destrutivos dos produtos sob diversas condições e tipos de pistas, testes de durabilidade de veículos e componentes, entre outros.

A engenharia de produção e manufatura, responsáveis por todos os processos de manufaturas em todas as linhas de produção automotiva, participam do projeto do

produto informando ao engenheiro a respeito da viabilidade de construção do ferramental e da exeqüibilidade de montagem da peça na produção. Desta forma, o desenho do produto inclui, por exemplo, ângulos de saída de ferramenta, especificações de torque, de solda, entre outros. Atuam também no desenvolvimento e aprimoramento de novas tecnologias de produção.

São definidos cinco objetivos de desempenho para a manufatura, a saber: custo, qualidade, rapidez, confiabilidade e flexibilidade. Tendo como base estes objetivos, os requisitos relacionados ao departamento de manufatura são: rapidez de implantação de um produto na produção, qualidade e confiabilidade da manufatura, facilidade da manufatura em relação à treinamento, mudança dos processos atuais, entre outros, e flexibilidade que engloba serviço, modelos e plataformas diversas de veículos montados simultaneamente numa mesma planta, volume de produção e qualidade e prazo na entrega do produto final aos clientes (Slack et al., 1997).

A engenharia de serviços e pós-vendas por sua vez, responsáveis pela ligação entre a engenharia de produtos e concessionários e clientes, fornecem ao engenheiro informações de campo que se traduzem por índices de qualidade externa, ou seja, são dados qualitativos e quantitativos relacionados ao comportamento de peças e sistemas que podem sofrer ruídos, defeitos de fabricação, trincas, ou quaisquer outras anomalias detectadas por clientes, usuários e concessionários nos veículos que estão dentro do prazo de garantia. A cada três meses estas informações, por meio de verbalizações, são compiladas, ponderadas e repassadas ao departamento da qualidade e em seguida para a engenharia.

Um outro processo de desenvolvimento de produto que cadencia as ações e atividades de engenharia e qualidade durante o processo de desenvolvimento, é praticado pela indústria aeronáutica no Brasil. Segue um cadenciado muito próximo daquele que é praticado na indústria automotiva, com maior ênfase nas simulações, tanto virtuais quanto aquelas em que se utilizam testes físicos em laboratório, e portanto bastante atualizados nos dias de hoje (Barroco, 2002).

Este processo de desenvolvimento, mostrado na Figura 2.6, aproxima-se também da metodologia de projeto na indústria automotiva. Sua ênfase está na integração das equipes multidisciplinares de trabalho, no uso de ferramentas virtuais e simulações durante o processo de desenvolvimento e validação de componentes (Barroco, 2002).

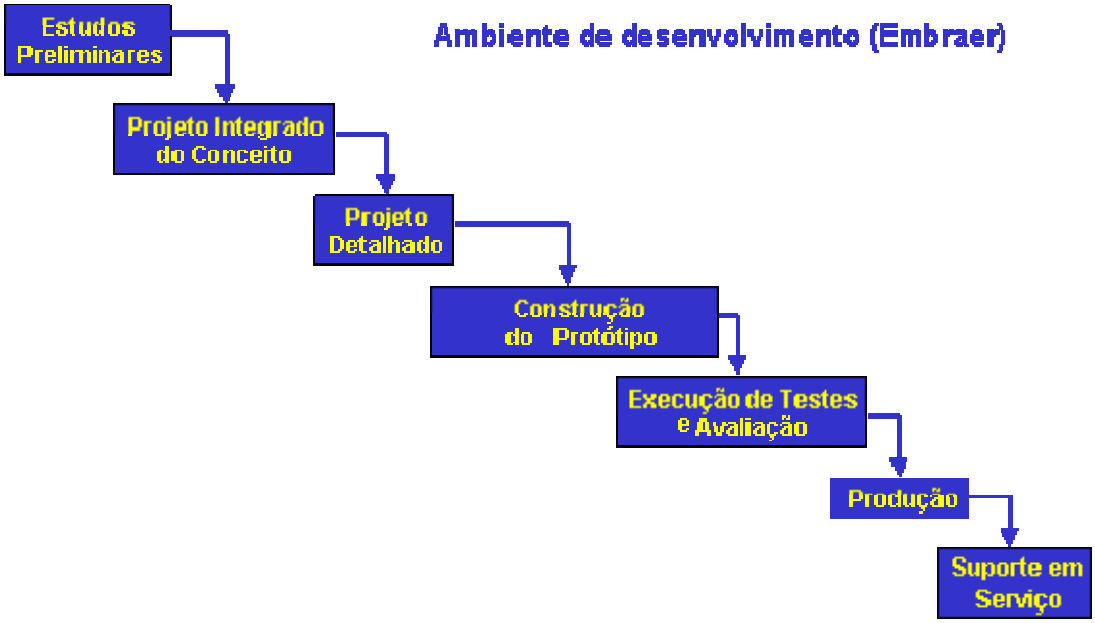


Figura 2.6. Processo de desenvolvimento de sistemas aviônicos (Carbonari, 2001 apud Barroco, 2002).

Atualmente, esta metodologia de projeto está evoluindo muito rapidamente, especialmente nas empresas que empregam um alto índice de tecnologia e com isso há necessidade do desenvolvimento de nova metodologia para percepção e acompanhamento das informações de qualidade no atendimento ao novo processo de trabalho.

Outro processo importante de desenvolvimento de produtos que deve ser destacado na indústria automotiva é o denominado método APQP, sigla de "Advanced Product Quality Planning" ou planejamento avançado da qualidade do produto, que consiste em uma metodologia de qualidade utilizada para o desenvolvimento de novos produtos automotivos.

De modo geral, este processo pode ser aplicado em qualquer indústria e é semelhante em muitos aspectos em relação ao conceito do DFSS, "Design For Six Sigma" ou projeto utilizando o conceito seis sigma, que consiste em uma metodologia sistemática de qualidade que utiliza ferramentas, processos e medidas para habilitar o projeto de produto e processo a satisfazer as expectativas dos clientes, cujos produtos podem ser produzidos ao grau de qualidade seis sigma. DFSS é construído sob fases correlacionadas de definição, medição, análise, projeto e verificação de um produto. As ferramentas e métodos de apoio ao DFSS incluem voz do cliente, QFD, "Quality Function Deployment" ou desenvolvimento das funções da qualidade, projeto para manufatura e montagem, FMEA, estudos de capacidade de processo, revisões e controles de projeto, entre outros (Crow, 2004).

A metodologia APQP é descrita no manual AIAG, "Automotive Industry Action Group" ou grupo de ação da indústria automotiva criado pelas três grandes empresas automotivas dos Estados Unidos, Chrysler, Ford e GM, que têm colaborado no desenvolvimento das normas de qualidade do APQP. Este tem o propósito de "produzir um planejamento de qualidade do produto que deverá suportar um desenvolvimento de um produto ou serviço que satisfaça o consumidor final" (CHRYSLER; FORD; GM, 1998). Possui resumidamente o foco em:

- Planejamento avançado da qualidade.

- Avaliação dos resultados do projeto para determinar se os clientes estão satisfeitos e para dar suporte à melhoria contínua.

O processo APQP consiste em quatro fases e cinco atividades principais ao longo do desenvolvimento do produto incluindo a constante avaliação, reavaliação e ações corretivas do projeto durante todo o processo, apresentado na Figura 2.7. Um resumo dos "outputs" ou resultados para cada fase do projeto automotivo ao longo do processo do APQP é mostrado na Tabela 2.1.

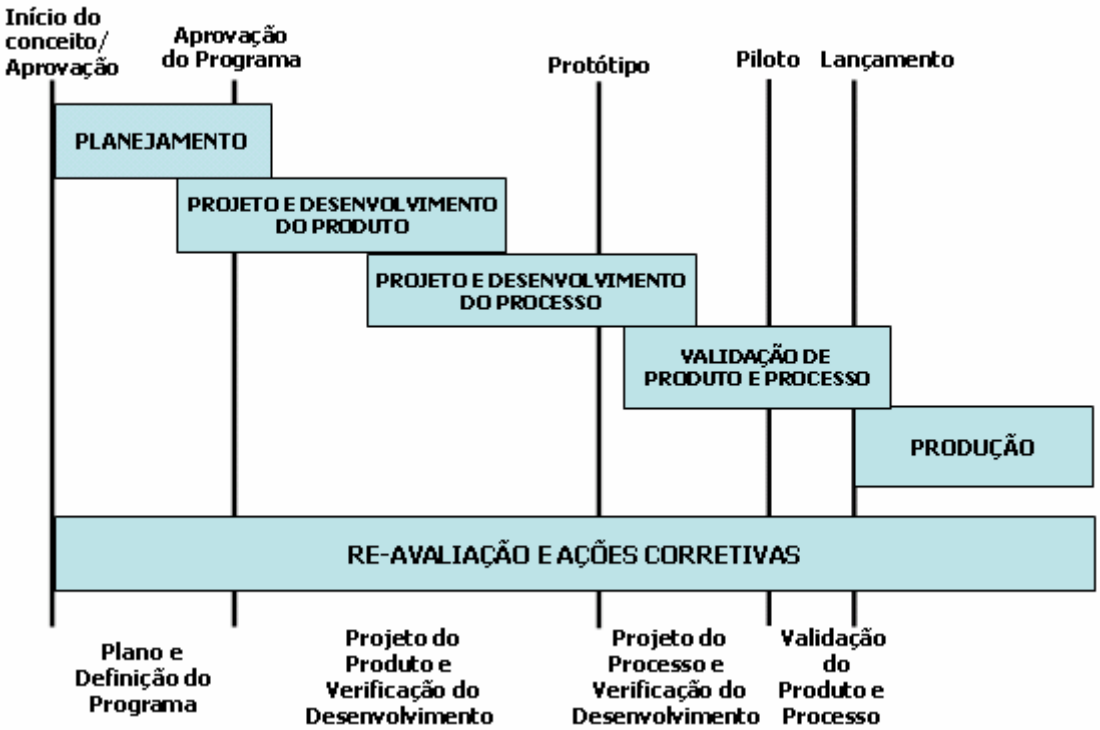


Figura 2.7. Desenvolvimento de produtos pelo método APQP (Crow, 2004).

Tabela 2.1. Resultados de cada fase do processo APQP (Crow, 2004).

Planejamento e definição do Programa	Verificação do desenvolvimento do projeto	Verificação do desenvolvimento do processo	Validação do produto e processo
• Metas de projeto. • Metas de qualidade e confiabilidade. • Custos preliminares de materiais. • Fluxo preliminar de processo. • Lista preliminar de produtos especiais e características de processos. • Planejamento assegurado do produto.	• FMEA de projeto. • DFMA. • Verificação de projeto. • Revisões de projeto. • Construção de protótipos. • Desenhos de engenharia. • Especificações de engenharia. • Especificações de materiais. • Modificações de desenho e de especificações. • Solicitações de recursos para novos equipamentos, novos ferramentais. • Plano de controle do processo. • Requisitos de equipamentos de medição e testes.	• Revisão do sistema de qualidade do produto e processo. • Diagrama do fluxo de processo. • FMEA de processo. • Planejamento do arranjo físico da plataforma. • FMEA de processo. • Plano de controle de pré-lançamento. • Instruções de processo. • Planejamento do estudo preliminar de capacidade do processo.	• Corrida Piloto. • Avaliação dos sistemas de medição. • Estudo preliminar do capacidade do processo. • Processo de aprovação de peças para produção. • Teste de validação na produção. • Planejamento do controle de produção. • Liberação do planejamento da qualidade

O processo de APQP envolve os seguintes objetivos principais:

- Compreender as necessidades dos clientes. Isto é possível através do uso das técnicas da voz do cliente para determinar as necessidades dos consumidores e do QFD, para organizar essas necessidades e as traduzir em características e requisitos de produto.

- Reavaliar proativamente e tomar ações corretivas. O processo avançado de planejamento da qualidade proporciona uma reavaliação com referência a outros projetos semelhantes com o objetivo de desenvolvimento de soluções do projeto atual. Outros mecanismos de verificações e validações, revisões de projeto, análise de avaliação de cliente e dados de garantia também satisfazem este objetivo.

- Projetar dentro das capacidades de processo. Este objetivo assume que a companhia definiu os processos através de controle estatístico dos mesmos, determinando sua capacidade de processo e transmitindo-o para o grupo de desenvolvimento de projetos. Uma vez concluído, deve-se formalmente determinar quais características críticas ou especiais estão inseridos na capacidade de processo do empreendimento ou quais ações para melhorar o processo ou adquirir melhores equipamentos.

- Analisar os modos de falha de produto e processo. Este objetivo utiliza as técnicas de FMEA, ou determinação antecipada de falhas no projeto e processo.

- Verificar e validar produto. Verificação detalhada do projeto assegura que os produtos satisfazem as exigências de projeto. Verificação de projeto pode incluir atividades como: revisões de projeto, executando ensaios e testes e revisão de documentos de projeto antes da liberação para a produção. Validação é o processo que assegura que o produto está conforme as necessidades dos usuários, exigências do projeto e

especificações sob as condições operacionais definidas. A validação do produto é executada no final do projeto com peças conforme requisitos de projeto. A validação de produção é executada no final do projeto com peças conforme requisitos de processo pretendidos para a produção normal.

- Revisar projetos. Revisões de projeto são revisões formais administradas durante o desenvolvimento de um produto para assegurar que os requisitos, conceitos, produtos ou processos satisfazem as exigências daquela fase de desenvolvimento. Os tópicos do projeto são compreendidos, os riscos são administrados, e há uma boa análise de custos para o desenvolvimento. Revisões típicas de projeto normalmente incluem: revisões dos requisitos, revisão do conceito do projeto, revisão preliminar do projeto, revisão de projeto final e uma revisão de lançamento do produto na produção.

- Controlar características críticas do processo. Características críticas do processo são identificadas através do QFD ou outro método estruturado semelhante. Uma vez compreendidas estas características, e verificando que o processo é capaz de reuní-las (com suas tolerâncias), o processo deve ser controlado. Um plano de controle está preparado para indicar como isto será alcançado. Planos de controle provêem uma descrição dos sistemas utilizados para minimizar a variação de produto e processo incluindo equipamentos, troca de equipamentos, ferramentais, dispositivos de controle, instalações, material, manutenção preventiva e métodos.

3. A ENGENHARIA DE OTIMIZAÇÃO DO VALOR DO PRODUTO AUTOMOTIVO EM PRODUÇÃO

3.1 Introdução

O aumento da competição global na última década exigiu das indústrias automotivas um maior foco na qualidade e na eficiência dos produtos através do uso de ferramentas da qualidade tais como engenharia concorrente, melhoria contínua, controle estatístico dos processos, gerenciamento efetivo de fornecedores entre outros (Seungwook; et al, 2001).

Até o início dos anos 90 o mercado brasileiro era fechado e a indústria automotiva nacional resumia-se a poucos competidores. Consequentemente não havia fortes investimentos em tecnologia, qualidade e inovação, sendo que as linhas de produtos dessas montadoras apresentavam bastante similaridades.

Entretanto, com a abertura do mercado brasileiro e com o advento da globalização, esse panorama mudou drasticamente. Houve um acirramento da concorrência devido aos novos entrantes, o que obrigou as grandes montadoras a adotar novas estratégias buscando manterem-se competitivas no mercado. Inovação e qualidade passaram a ser prioridade, assim como a adoção de novas tecnologias e custos otimizados dos produtos.

Um produto competitivo possui fatores como custo, desempenho, estilo, menor prazo para atender determinado mercado e qualidade. A importância destes fatores varia de produto a produto e de mercado para mercado, e ao longo do tempo, clientes ou usuários de um produto exigirão cada vez mais das montadoras, por exemplo, veículos com maior desempenho e menor custo (Crow, 2004).

Custo se tornará um fator mais importante na aquisição de um produto em duas situações. Primeiro, quando a tecnologia ou estilo de um produto amadurece ou estabiliza e ocorre um nivelamento destas características entre os concorrentes e

portanto, a competição é baseada em custo ou preço. Segundo, a situação econômica do mercado ou limitações de recursos financeiros de um cliente, pode trocar a decisão de aquisição de um produto para outro. Em qualquer caso, uma indústria automotiva com um produto próspero tem que focalizar mais em administrar os custos dos produtos.

Quando uma companhia enfrenta uma situação de menor rentabilidade e empreende um programa de redução de custo, reduzirá tipicamente despesas com pesquisa e desenvolvimento e focalizará em atividades de pós-desenvolvimento como produção, vendas e despesas gerais e administrativas. Enquanto não sugerindo que estas são decisões impróprias para se tomar, poderá ser muito tarde para a empresa se restabelecer. A maioria dos custos estruturais de uma companhia já foi definido, incluindo as decisões de projeto sobre os produtos da companhia. Desta forma, uma opção de redução de custo deve ser iniciada com o projeto dos produtos, considerando-se o ciclo de desenvolvimento do produto (Crow, 2004).

Mais especificamente, o foco em redução de custos de produtos automotivos em produção é atualmente uma das estratégicas mais importantes e direcionadas para o aumento da lucratividade da empresa e da participação de mercado, como mostra a Figura 3.1. Este modelo pode ser aplicado tanto nas indústrias do setor automotivo como também em qualquer ramo de atividade em que existam possibilidades de reduzir custos nos produtos oferecidos, desde que a qualidade e a funcionalidade dos mesmos sejam preservadas ou até mesmo melhoradas.

Projeto baseado em custos é uma estratégia de gerenciamento e metodologias de projeto do produto para alcançar um produto confiável para o consumidor, mantendo qualidade e reduzindo custos. Neste aspecto, o foco no custo do produto automotivo é adicionado aos requisitos tecnológicos necessários durante o desenvolvimento de um produto como mais um parâmetro de projeto.

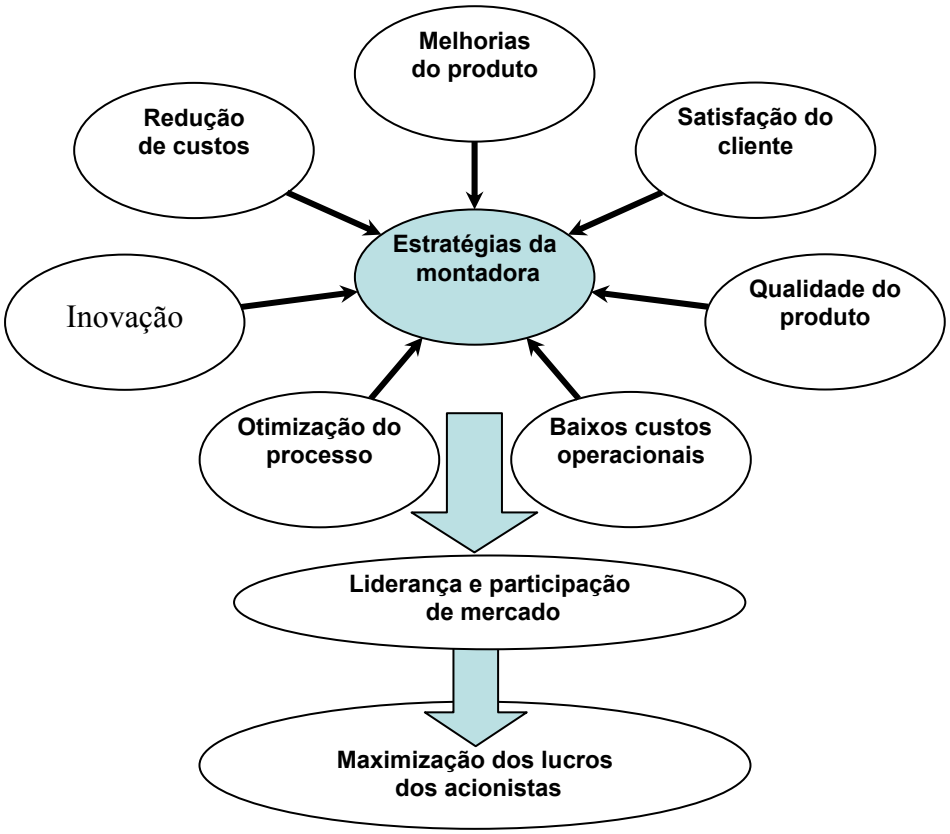


Figura 3.1. Principais estratégias de uma indústria automotiva (adaptado de Ventura, 2002).

Identificar oportunidades de redução de custo não é difícil, o que é difícil é a sua implementação. Atualmente, não só a engenharia de produtos, mas muitos outros departamentos da empresa identificam várias oportunidades de redução de custo que por inúmeras razões não são implementadas. A principal razão é a ausência de um time dedicado em um processo robusto de identificação, desenvolvimento e implementação de propostas de redução de custos (Ventura, 2002).

Desta forma, este capítulo apresenta os processos e metodologias relacionadas à redução de custos conduzidos pela engenharia de produtos, mais especificamente por uma divisão da engenharia dedicada a esse fim, denominada de engenharia de otimização do valor do produto (EOVP).

A partir do conceito do desenvolvimento de projetos com foco em custos, os principais objetivos da EOVP são desenvolver e implementar produtos automotivos atuais em produção com custos reduzidos, mantendo sua funcionalidade e principalmente a sua qualidade.

Esta área é composta em grande parte por engenheiros provenientes da própria engenharia de produtos, de modo que o desenvolvimento de uma proposta é essencialmente fundamentado nos princípios e metodologias de um novo projeto (método APQP, por exemplo) ou de um projeto de melhoria contínua. Assim, a estrutura básica de desenvolvimento proposta segue os mesmos moldes do método clássico de desenvolvimento de novos projetos conduzido pela engenharia de produtos.

É mostrado também neste Capítulo, as estratégias da EOVP para garantir o sucesso da implementação dos produtos otimizados, que são a interação direta com as principais áreas afetadas pelo desenvolvimento das suas atividades atuando como um time multifuncional e a extensão do conceito de redução de custo com qualidade nestas áreas atuantes da corporação.

3.2 Campo de aplicação

A aplicação de uma metodologia para a melhoria de um projeto automotivo com ênfase em redução de custos deve ser primeiramente analisada em conjunto com o ciclo de vida de um produto ou sistema para que seja possível verificar a viabilidade econômica da operação antes do início dos trabalhos.

As etapas do ciclo de vida de um produto nas quais a EOVP atua, são as fases de maior captação de lucros, ou seja são as fases de crescimento e maturidade do produto conforme visto na Figura 3.2. Muitas vezes as propostas de redução de custos requerem um período longo de análises econômicas, além do desenvolvimento e validação.

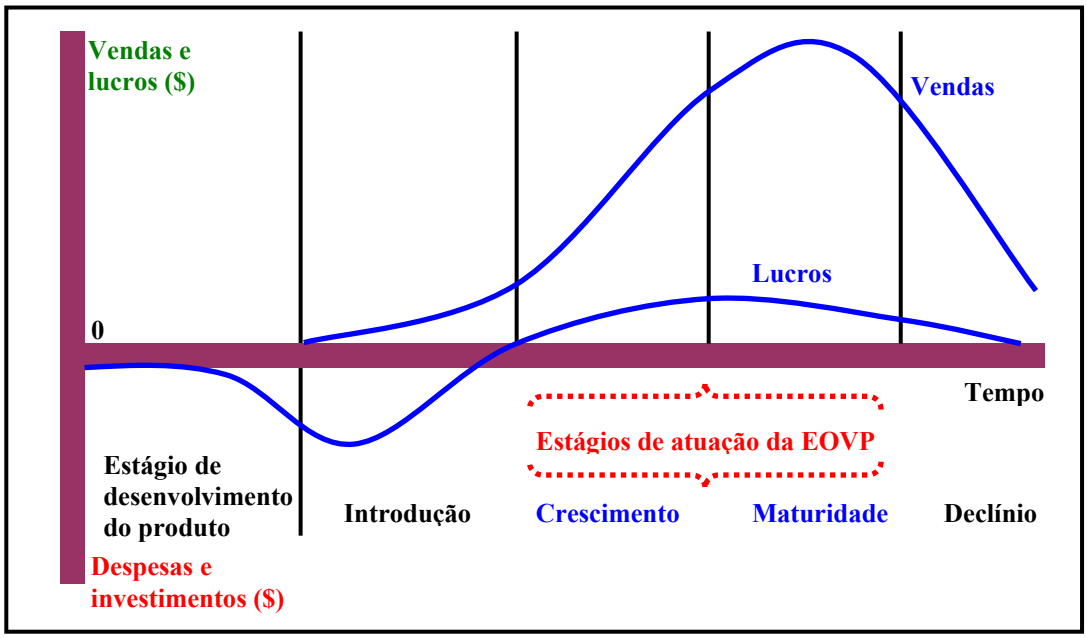


Figura 3.2. Fases de atuação da EOVP no ciclo de vida de produto automotivo (adaptado de Kotler, Armstrong, 1999).

3.3 A identificação de oportunidades e os princípios e objetivos da EOVP

Define-se custo como a soma de material e mão-de-obra necessários para produzir e ou manter um produto ou serviço pela sua vida. No caso da EOVP em uma indústria automotiva, a identificação de oportunidades de reduções de custos é dirigida a componentes ou sistemas em produção mantendo-se a qualidade e o desempenho dos mesmos.

As oportunidades de redução de custo podem ser internas ou externas à corporação automotiva. A seguir são listadas as principais origens de sugestões:

- Propostas provenientes de fornecedores. A GM, por exemplo, criou um endereço eletrônico ("Internet") para recebimento de sugestões de redução de custos de produtos atuais de produção, denominado de "Supply Power". Analogamente, outra montadora, a Fiat, disponibiliza aos seus parceiros uma página na "Internet" intitulado de "IDEA".

- Sugestões de funcionários da própria montadora. Na GMB, por exemplo, o departamento de sugestões é responsável por receber e encaminhar propostas dos colaboradores às áreas afetadas. A maior parte das sugestões é enviada para EOVP, a qual as analisa e implementa (caso seja viável).

- Comparativos com produtos similares de concorrentes ou "benchmarking", ou seja, trata-se de uma pesquisa constante sobre as melhores práticas da indústria focada em produtos, serviços e métodos.

- Comunizações de componentes com mesmas funções.

- Utilização de materiais alternativos similares com menores custos, ou seja o emprego de materiais menos nobres ou produtos existentes mais utilizados no mercado automotivo que supram as necessidades do projeto.

- Modificações técnicas de projetos sugeridas pela própria engenharia, através de alterações de desenhos, de tolerâncias geométricas para minimizar os custos de manufatura e do fornecedor, estudos e análises virtuais, através do CAD/CAE para diminuição de reforços, espessuras, suportes ou troca de material.

- Nacionalizações de componentes, onde a simples substituição de uma peça importada por uma local com a conseqüente desvinculação de taxas de importação e variação cambial gera economia para a indústria automotiva e também a seus parceiros (fornecedores).

- Processos e métodos alternativos de produção e manufatura que atendam os requisitos de projeto (soldagem, pintura, montagens, manuseio e outros).

Para desenvolver e implementar as propostas recebidas, a EOVP baseia-se nos seguintes princípios:

- Prover maior economia para a empresa.
- Preservar a integridade da qualidade do produto ou até melhorá-la.
- Não deteriorar as necessidades e expectativas dos clientes.
- Atender aos requisitos de engenharia, de segurança, testes e especificações.
- Não deteriorar custos de garantia e de serviços pós-vendas.
- Trabalhar juntamente com todas as áreas envolvidas (time multifuncional).
- Manter a intercambiabilidade entre peças atuais e propostas.

As principais responsabilidades no processo da EOVP para o desenvolvimento de produtos com custos reduzidos são:

- Atender às normas, especificações e procedimentos básicos da empresa automotiva no desenvolvimento de um produto otimizado.
- Identificar, desenvolver, testar, validar e implementar oportunidades de otimização de componentes automotivos em produção.
- Coordenar a certificação e a validação de todas as propostas.
- Atingir os objetivos de custos dentro dos prazos determinados.
- Garantir a qualidade do produto independentemente da proposta.

- Desenvolver sistemas e componentes com fornecedores locais ou externos.

- Agrupar todos os itens recebidos e implementados em um banco de dados com a possibilidade e propósito de ser acessado por toda a engenharia.

- Transferir e disseminar as iniciativas implantadas para os novos programas (melhoria contínua).

3.4 Metodologia de desenvolvimento da EOVP

De forma análoga ao desenvolvimento tradicional de novos produtos, a EOVP identifica, desenvolve, valida e implementa as propostas previamente analisadas e aprovadas.

Em síntese, a Figura 3.3 mostra o fluxo esquemático da metodologia do processo de otimização dos custos dos produtos automotivos desde o recebimento até a implantação na produção pela EOVP.

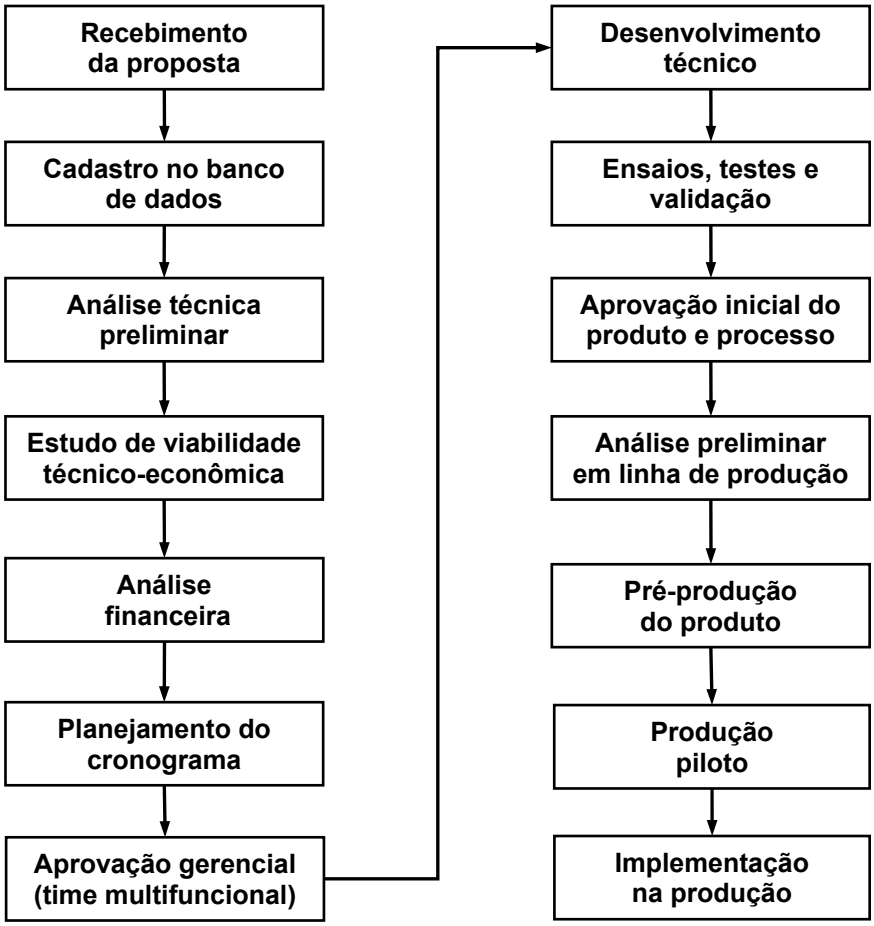


Figura 3.3. Fluxo esquemático do desenvolvimento de uma proposta da EOVP (adaptado de Candido, 2004).

Inicialmente todas as oportunidades são catalogadas e atualizadas em um banco de dados do departamento com informações detalhadas, tais como: descrição do produto ou proposta, peças ou sistemas afetados, em quais plataformas de veículos a proposta se enquadra, as fábricas afetadas e custos envolvidos.

Têm-se, portanto, o controle e o histórico de todos os itens que passaram pelos estudos da EOVP. Os detalhes do conteúdo e do fluxo de informações do banco de dados serão abordados no Capítulo 5.

Uma proposta, ao ser submetida à aprovação do grupo, é apresentada um modelo de formulário de propostas mostrado na Figura 3.4, no qual é inserido as principais informações da idéia, tais como descrição, figuras, economia, entre outros.

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DO VALOR DO PRODUTO

ESTUDO DA PROPOSTA

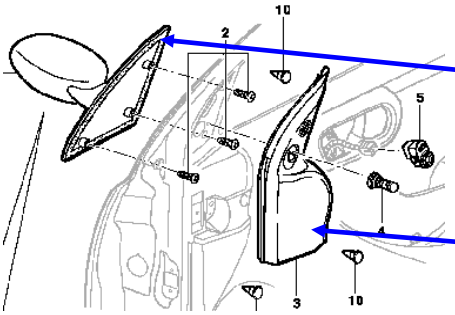
INFORMAÇÕES DA PROPOSTA

DATA INICIAL: **10/set/03** No. DA PROPOSTA: **MAT-1234** GRUPO: **PORTAS**

PLATFORMA : **ALFA** MODELOS AFETADOS: **Todos os modelos do CELTA**

DESCRIÇÃO **MUDANÇA DE MATERIAL DA COBERTURA INTERNA DAS PORTAS DIANTEIRAS E DA COBERTURA DO ESPELHO RETROVISOR EXTERNO DO CELTA DE PLÁSTICO ABS PARA PP+EPDM+T20.**

FIGURAS / DESENHOS / CROQUIS



COBERTURA DO ESPELHO RETROVISOR EXTERNO - CELTA

COBERTURA INTERNA DAS PORTAS DIANTEIRAS - CELTA

ATUAL **PROPOSTO**

CARACTERÍSTICAS AFETADAS PELAS MUDANÇAS:

[ ] APARÊNCIA [ ] FUNÇÃO [X] MATERIAL [ ] SEGURANÇA [ ] LEGAL [ ] OUTROS

ANÁLISE DA QUALIDADE

	PLATFORMA	1	2	3	4	5	6
ÍNDICE	EXTERNO						
	INTERNO						
	CUSTO DE GARANTIA						

ORIGEM [ ] SUGESTÃO FORNECEDOR [ ] LOCALIZAÇÃO [ ] COMPRAS

[X] SUGESTÃO INTERNA [ ] ENGENHARIA DE PRODUTOS [ ] AV / EV [ ] OUTROS

DEPTO. ORIGEM: **MANUFATURA - PLANTA 3** COMPLEXIDADE ADIC./REM.: [ ] ALTO [X] BAIXO

PROPONENTE: **SR. JOSE COSTA** RAMAL: **1313** ADIC./REM. COMPLETADO: [X] OK

FORNECEDOR: **SILVA PLAST** FONE CONTATO FORNEC.: **011-555-5050**

NOME DE CONTATO: **SR. JOÃO SILVA** COMPRADOR / RAMAL:

ECONOMIA / PEÇA (R$): INVESTMENTO (R$):

DESENHO EM CAD [X] OK DATA DA DISPONIBILIDADE DO DESENHO:

DATA DA DISPONIBILIDADE DE AMOSTRAS:

DATA DE ENTREGA DE PROTÓTIPOS:

FERRAMENTA (MESES): **03 (TRÊS)**

VALIDAÇÃO FORNEC. (MESES): **02 (DOIS)** RECURSOS:

OUTROS / APLICAÇÕES ANTERIORES:

PLANEJAMENTO

PLANO DE ENGENHARIA

LISTA DE VERIFICAÇÃO: [ ] OK VALIDAÇÃO (MESES): **3 (TRÊS)**

ESTUDO DE RISCO: [X] BAIXO [ ] MÉDIO [ ] ALTO

ANÁLISE FINANCEIRA REQUERIDO ? [X] SIM [ ] NÃO

Economia por veículo (R$): Economia Anual (R$):

INVESTIMENTO INTERNO: TEMPO INTERNO MODIF.(MESES):

RESULTADO: [X] FAVORÁVEL [ ] DESFAVORÁVEL

IMPLEMENTAÇÃO

RECOMENDAÇÃO

[ ] IMPLEMENTAR VIA PROGRAMA [ ] REAVALIAR [ ] REJEITAR

[x] IMPLEMENTAR VIA DOCUMENTO DE ENGENHARIA

DATA LIMITE: ENG. RESP.: **Guido Candido**

OBS :

Figura 3.4. Modelo de formulário de propostas (referência GMB).

Para cada idéia apresentada, a EOVP analisa a viabilidade técnica, avalia quais os riscos envolvidos, verifica se afeta requisitos legais e de segurança, de aparência, de especificação de material, intercambiabilidade, entre outros. Neste momento são colhidos dados históricos da peça atual relativos ao desempenho, à qualidade e confiabilidade, de modo a contribuir com as análises de risco no desenvolvimento e assim implementar satisfatoriamente a proposta.

Em conjunto com a EOVP, as áreas comercial e financeira analisam a viabilidade econômica, ou seja, analisam quais os custos das peças atuais e propostas e quais os investimentos necessários para o projeto. Os resultados obtidos mostram qual a contribuição econômica da idéia para a montadora, levando-se em consideração seu prazo de desenvolvimento e a quais ciclos de vida dos veículos a proposta se aplica.

Após a análise e aprovação técnico-econômica, a EOVP submete a proposta a uma aprovação gerencial com a participação das áreas envolvidas no time multifuncional, ou seja, a engenharia de produtos, a qualidade, o "marketing", finanças, a manufatura e demais áreas apresentadas na Figura 3.9.

Inicia-se a seguir a fase de desenvolvimento da proposta. Esta fase consiste essencialmente na execução técnica do projeto pela EOVP dentro de um prazo previamente definido e acordado, utilizando-se os mesmos procedimentos, ferramentas e recursos do desenvolvimento de engenharia de novos produtos.

Ao final do desenvolvimento e seguindo a especificação de engenharia de produtos, o componente ou sistema é submetido a ensaios e testes, além da validação em laboratórios e em campo de provas. De acordo com os resultados dos testes, a proposta é submetida a uma primeira aprovação da engenharia. Se aprovada, é feita, em seguida, a montagem na fábrica de um determinado lote destes componentes pré-aprovados, denominado produção ou corrida piloto. Quando a peça é montada satisfatoriamente na corrida piloto, esta recebe a aprovação final e é programada a implementação definitiva do produto automotivo otimizado em produção.

Para uma melhor compreensão da metodologia da EOVP, é importante destacar, no fluxo de processo de uma proposta, as principais atividades realizadas em três fases: a de análise técnico-econômica, a de desenvolvimento e a de implementação (Romio, 2003). A seguir são mostradas quais são as atividades mais relevantes realizadas durante a análise técnico-econômica:

- Levantamento do histórico e da situação da peça atual com a engenharia de produtos além da análise com a área da qualidade (índices de qualidade interna na fábrica e externa no campo).

- Análise de impacto da idéia em relação à ergonomia, ao conforto e à aparência para o cliente ou consumidor.

- Desenvolvimento da peça proposta de forma a manter a intercambiabilidade com a peça atual visando facilitar a implantação na fábrica e nas concessionárias (serviços).

- Comparação com componentes de veículos de outros segmentos e da concorrência e verificação das plataformas de veículos afetadas.

- Viabilidade de disponibilizar o componente removido no veículo em pacotes de itens opcionais montados pelos concessionários ou montado diretamente pelos fornecedores de modo a minimizar custos de montagem ou de mão-de-obra na fábrica.

- Análise de investimentos (e.g.: ferramentais novos) e comparação entre os custos dos componentes automotivos atuais e propostos.

- Estudo de impacto em ruídos, vibrações e outras anomalias veiculares.

- Revisões técnicas e comerciais com os fornecedores.

Outra etapa do fluxo da EOVP, a fase de desenvolvimento técnico do produto, envolve atividades baseadas nos procedimentos qualitativos comuns da engenharia de produtos:

- Aplicação das ferramentas de engenharia tais como FMEA, CAE e CAD, análises estruturais, simulações de esforços, de carregamentos distribuídos e de impacto em componentes reais e virtuais através do uso de um programa de computador de alta confiabilidade, o VSAS ("Vehicle Synthesis, Analysis & Simulation" ou sistema virtual de análise e simulação veicular), uma ferramenta de desenvolvimento virtual que consiste na representação das normas que governam os fenômenos físicos envolvidos no comportamento de um veículo e as propriedades físicas dos sistemas que constituem o veículo (Figura 3.5).

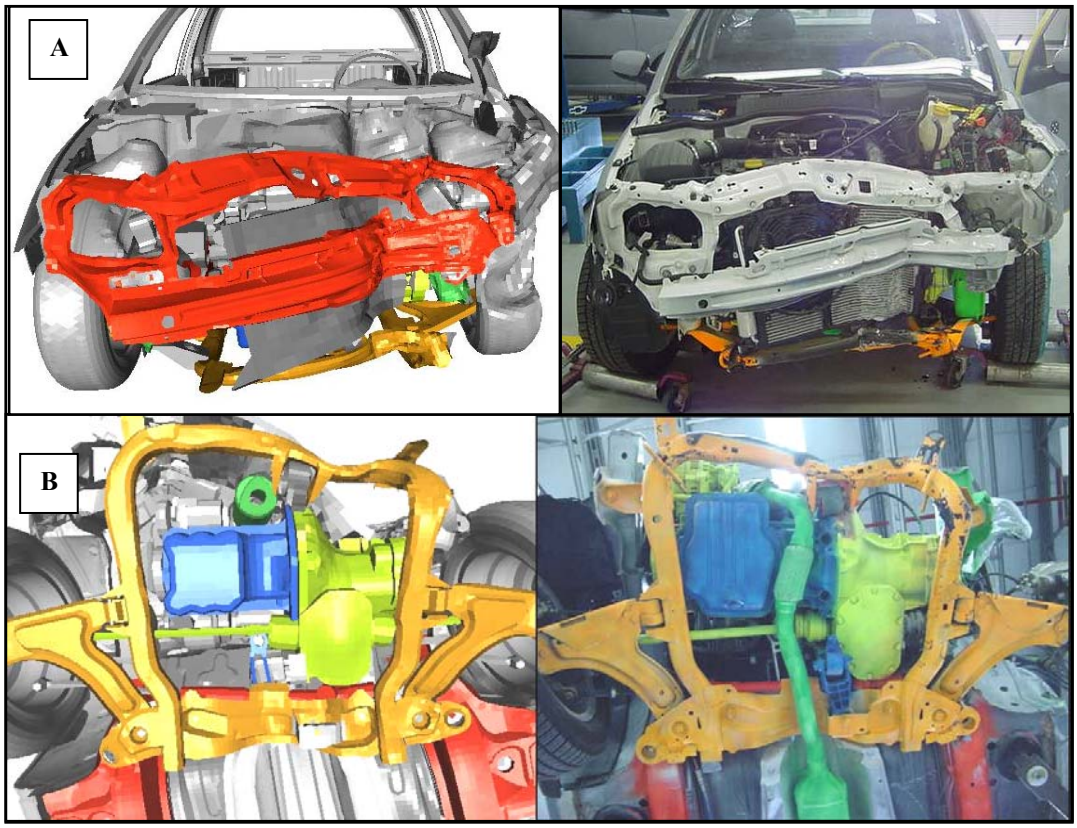


Figura 3.5. Comparativo virtual e real de um ensaio de impacto frontal de um mesmo veículo mostrado nas vistas frontal (A) e inferior (B).

- Especificações de tolerâncias geométricas e dimensionais, testes, materiais, ciclagem, fadiga, entre outros, definidas no desenho final do produto.

- Definição da quantidade de protótipos físicos para montagens e testes.

- Validação real em campo de provas, onde são realizados testes físicos de calibração, durabilidade, análise estrutural, ruídos, vibrações e emissões.

- Aplicação de experiências e lições aprendidas de projetos anteriores.

- Aprovação de desenhos contendo todos os detalhes dimensionais do produto, de normas e especificações de materiais.

Finalizando, a fase de implementação consiste na aprovação e liberação do produto otimizado pela EOVP através de relatórios contendo os resultados dos testes especificados e da validação do projeto do produto, apresentado no item 3.5.

3.5 O processo de implantação de uma proposta da EOVP

Após todo o desenvolvimento e validação de uma proposta da EOVP, inicia-se o processo de aprovação e implantação da mesma em produção. Para que este processo ocorra satisfatoriamente, o engenheiro da EQF (engenheira da qualidade do fornecedor), responsável por garantir a qualidade do produto do fornecedor na montadora, recebe todos os dados da engenharia tais como, desenhos, relatórios de testes, e os próprios dados do fornecedor, tais como certificações dos padrões ISO ("International Organization for Standardization" ou organização internacional para padronização), relatórios de capacidade e repetibilidade do processo produtivo do mesmo. Com todas essas informações reunidas, o engenheiro da EQF realiza o PPAP ("Production Part Approval Process" ou processo de aprovação de peças para produção) na planta do fornecedor. A partir desta homologação, o fornecedor está apto a iniciar a produção em massa da peça.

Inicialmente, um lote fechado de peças aprovadas, ou seja já com o PPAP efetivado pela EQF, é disponibilizado na planta para análise preliminar do grupo de manufatura e qualidade em conjunto com a engenharia. Em seguida é feita uma experiência de montagem deste lote na produção com a participação de todas as áreas envolvidas, em particular do engenheiro da EOVP, do engenheiro da EQF, da qualidade (auditoria) e do engenheiro de produção. É emitido um relatório de experiência de montagem com o aval de todos os participantes do evento. Dependendo da complexidade da peça, podem ser necessários ajustes no produto ou no processo visando preservar a velocidade e o fluxo de montagem em linha de produção.

Depois de regularizado, é montado uma quantidade maior das peças novas durante um período definido, denominado corrida piloto. Após a montagem satisfatória nesta fase, é definida a data de SOP ("Start of Production", ou início de produção) do produto. Têm-se a partir do SOP, o início gradativo da produção da proposta, ou seja, ocorre a curva de aceleração do produto e por fim têm-se a produção plena da proposta. A Figura 3.6 resume todo este processo.

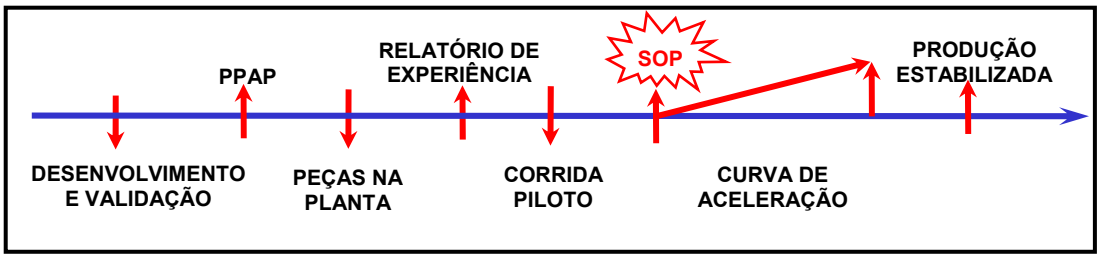


Figura 3.6. Fluxo de implantação de propostas da EOVP na produção.

3.6 Vantagens da aplicação da metodologia da EOVP

São mostradas abaixo as principais vantagens da aplicação da metodologia da EOVP em uma indústria automotiva (Romio, 2003):

- Redução no custo total dos veículos e preservação da qualidade do produto.

- Desenvolvimento de novos fornecedores locais.

- Obtenção de melhor conhecimento dos custos das peças pela engenharia.

- Obtenção de parâmetros de custo de projetos novos e atuais.

- Desenvolvimento de um time multifuncional criativo e inovador.

O banco de dados onde são catalogadas todas as oportunidades (idéias, propostas ou sugestões), apresenta algumas vantagens:

- Registro de componentes com custos reduzidos implementados ou não em produção como fonte de pesquisa, visando o aproveitamento das idéias efetivadas ou não pela engenharia para novos desenvolvimentos.

- Organização de modo sistemático das atividades da EOVP permitindo ao grupo um melhor controle e gerenciamento das mesmas.

- Sinergia e integração com os departamentos similares à EOVP de outras unidades ou plantas da corporação situadas no exterior que possuam banco de dados, promovendo a troca de experiências e informações.

3.7 Estrutura e estratégia organizacional da EOVP na cadeia automotiva

Para que a implementação do projeto do produto seja bem sucedida, deve haver uma boa interação entre os departamentos e uma boa estrutura organizacional com canal aberto de comunicação entre as áreas envolvidas (Majeske, 1997).

Portanto, de forma a todas as propostas de redução de custos serem concentradas e coordenadas eficazmente em um grupo exclusivo de colaboradores dentro da engenharia, é proposta uma estrutura organizacional do tipo funcional para

a EOVP. A Figura 3.7 mostra esquematicamente como este grupo é funcionalmente posicionado em relação aos demais departamentos da montadora.

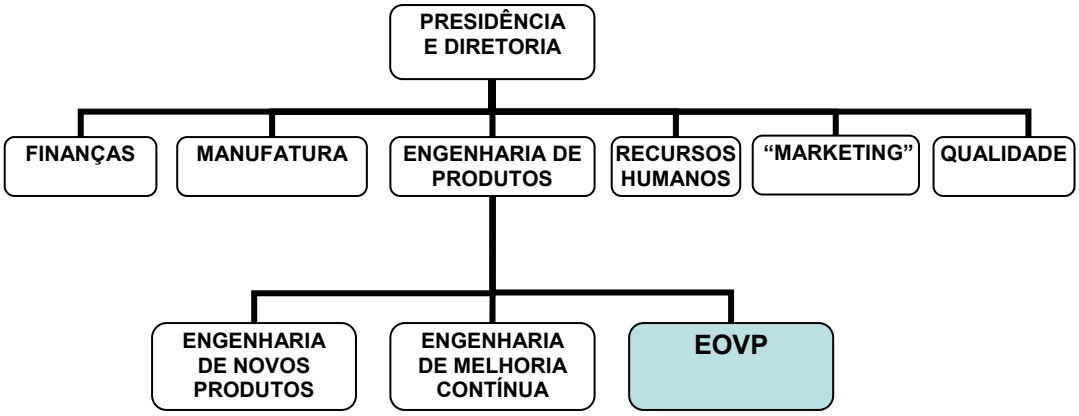


Figura 3.7. Representação de uma estrutura organizacional tipo funcional da EOVP na indústria automotiva.

Conforme é mostrado na Figura 3.7, a EOVP é uma divisão da engenharia de produtos focada exclusivamente em desenvolvimento de propostas de otimização dos produtos atuais de produção. As atividades realizadas pela EOVP interagem com as demais divisões da engenharia, ou seja, a de produtos novos e a de melhoria contínua em relação à troca de informações, suportes e participações nos trabalhos das idéias.

Através desta estrutura, todos os documentos técnicos relativos às propostas conduzidas pela EOVP são repassados a estes grupos a título de informação, evitando dessa maneira que áreas diferentes trabalhem na modificação de uma mesma peça simultaneamente.

Uma característica importante quanto à estruturação organizacional da indústria automotiva, está no fato de existir concomitantemente tanto a estrutura funcional quanto a matricial. Desta forma, o engenheiro da EOVP reporta-se simultaneamente à sua gerência funcional conforme a Figura 3.7 e também às gerências responsáveis pelas plataformas de veículos, mostrado na Figura 3.8.

Para o sistema realmente operar, ambas as gerências, funcional e por plataforma, possuem igual autoridade dentro da organização e os colaboradores se

reportam a ambos (Nohria, 1995). Na Figura 3.8, observa-se que um engenheiro de carrocerias que atua na EOVP, por exemplo, também é responsável pelos diferentes programas veiculares A, B, C e D, reportando-se dessa maneira tanto aos gerentes destes projetos (matricial) e quanto ao gerente departamental (funcional).

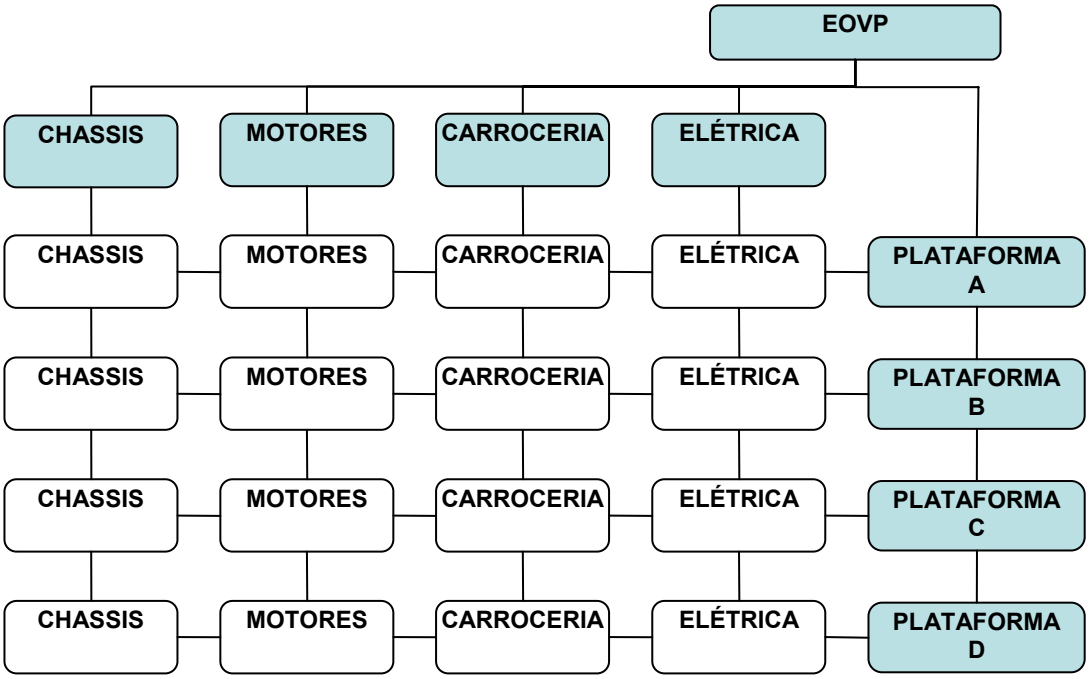


Figura 3.8. A estrutura organizacional tipo matricial da EOVP na montadora.

A EOVP apóia-se em duas estratégias organizacionais essenciais na cadeia automotiva para garantir o sucesso da implementação dos produtos otimizados. A primeira é interagir diretamente com as principais áreas que são afetadas pelo desenvolvimento das suas atividades atuando como um time multifuncional e a segunda é disseminar o conceito de redução de custo com qualidade nestas áreas.

A primeira estratégia da EOVP na organização é ilustrada na Figura 3.9, na qual se observa um diagrama esquemático das principais áreas com as quais interage, ou seja, os departamentos da qualidade, da engenharia de produtos, da engenharia de produção e manufatura e da engenharia da qualidade de fornecedor, resultando em um time multifuncional e um planejamento adequado dos projetos (Maffin, 2001e Calderini; Cantamessa, 1997) gerenciados pela EOVP.

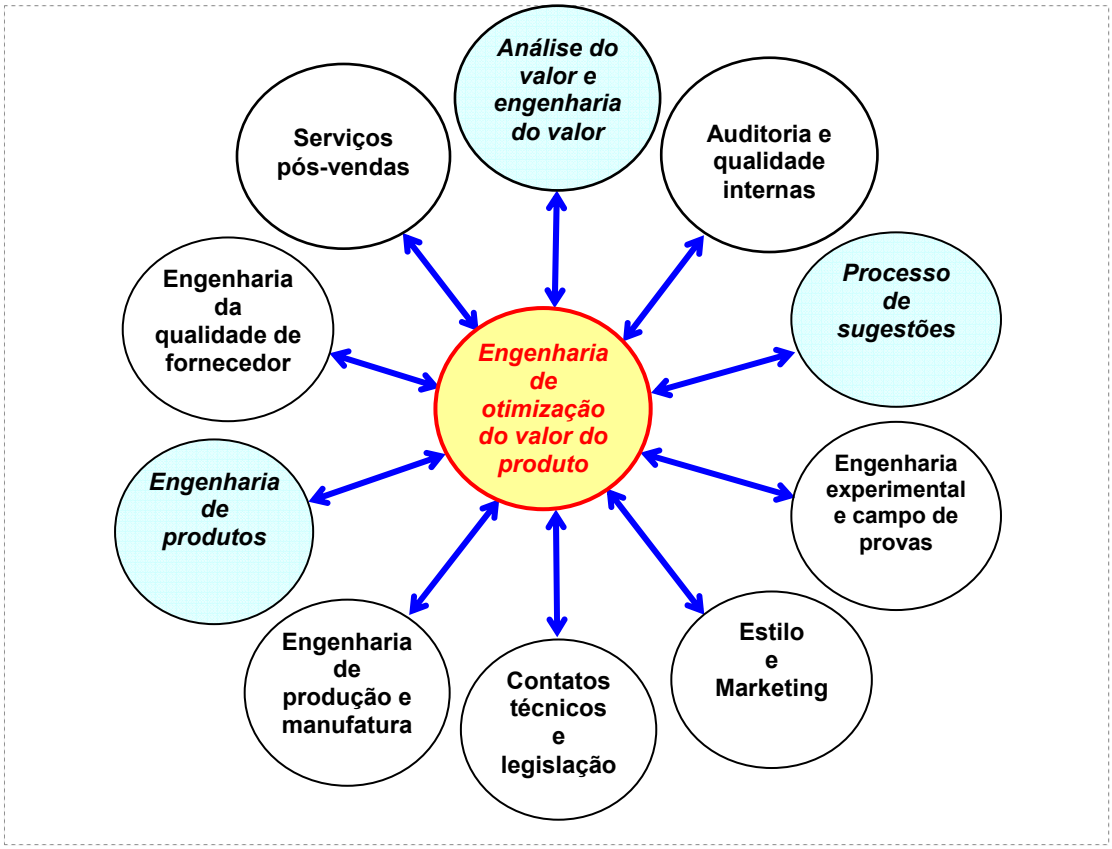


Figura 3.9. Diagrama das áreas estrategicamente relacionadas com a EOVP (Candido, 2004).

As áreas de engenharia de produtos, análise do valor e engenharia do valor e processo de sugestões estão em destaque na Figura 3.9 por serem as áreas mais importantes do ponto de vista de geração de propostas de redução de custos a serem analisadas e posteriormente desenvolvidas pela EOVP.

A engenharia de produtos participa em conjunto com a EOVP através da troca de informações técnicas, normas e especificações, histórico dos produtos para o desenvolvimento das novas propostas. A sinergia neste caso beneficia ambas as áreas, pois no caso do desenvolvimento de um novo produto, este já pode incluir as inovações implementadas na peça atual pela EOVP.

A AV/EV, que identifica as funções dos produtos e os avalia minuciosamente para propor opções de desempenho a custos inferiores aos atuais, contribui através de

análises comparativas de veículos e componentes provenientes da própria montadora ou de concorrentes e mostra também idéias, soluções criativas e inovadoras dos produtos automotivos através da desmontagem de veículos, ou "teardown" (Csillag, 1995), como mostrado na Figura 3.10 uma análise do conjunto da porta do Astra.

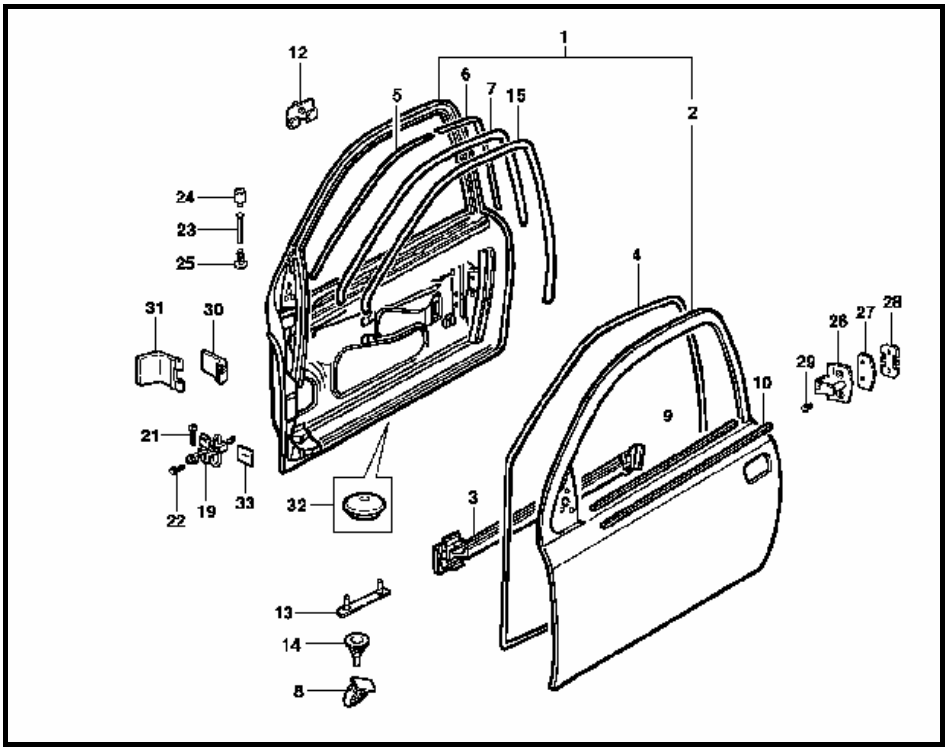


Figura 3.10. "Teardown" da porta do veículo Astra (referência GMB, 2005).

Por fim, o departamento do processo de sugestões tem expressiva importância pois as sugestões provenientes dos colaboradores da própria montadora podem revelar muitas oportunidades de redução de custos. Após uma análise preliminar, esta área encaminha diretamente à EOVP todas as idéias pertinentes.

Conforme informado anteriormente, através de um endereço eletrônico de relacionamento mundial da montadora na internet com seus parceiros, a GM recebe também sugestões de redução de custos dos próprios fornecedores, com o acompanhamento das áreas técnica e comercial.

Estas idéias são cadastradas com todas as informações necessárias, de modo semelhante a um banco de dados, e, no caso particular da GMB, são repassadas ao

grupo da EOVP para análise das propostas referentes aos veículos montados no Brasil.

Analogamente à engenharia de produtos, os demais grupos mostrados na Figura 3.9 também auxiliam a EOVP com informações de testes e validações, de manufatura, legislação, auditoria e qualidade interna, de engenharia de serviços, "marketing" e estilo ou "design".

A segunda estratégia organizacional adotada pela EOVP busca disseminar o conceito da metodologia de redução de custos e também auxiliar na implementação de propostas através da nomeação de um colaborador de cada área, como é mostrado na Figura 3.11.

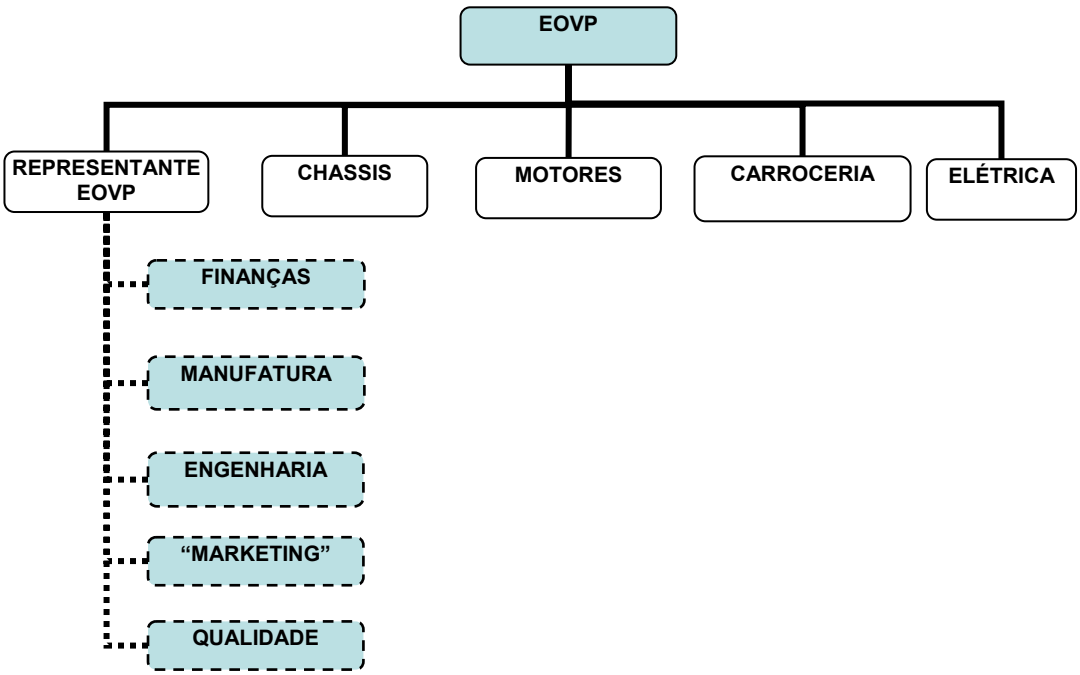


Figura 3.11. Estrutura funcional da EOVP e representantes de áreas envolvidas.

Nesta estratégia, os representantes da EOVP repassam aos seus respectivos grupos as informações sobre os projetos em desenvolvimento. Desta forma, quando necessário, os engenheiros da EOVP direcionam a estes representantes suas atividades que necessitam do suporte das áreas envolvidas. Este método se aplica

basicamente às áreas relacionadas apresentadas na Figura 3.9, independentemente das plataformas afetadas.

Por exemplo, quando um determinado projeto de modificação do produto requer a consulta da área de manufatura para verificação e análise da viabilidade e exeqüibilidade do processo de montagem de um componente de produção, o representante da EOVP nesta área direciona a proposta a um especialista deste grupo. É definido entre os grupos envolvidos um prazo para retorno da análise da proposta.

Esses representantes participam também de reuniões periódicas gerenciadas pela EOVP a fim de não só tomarem conhecimento das atividades que estão sendo desenvolvidas, mas também de opinarem, trocarem informações e experiências de projetos anteriores. Essa estratégia objetiva também uma intensa sinergia entre os grupos envolvidos, através do conceito de um time único, além de maior agilidade do processo, tornando a efetivação mais rápida e efetiva. A comunicação gera mútuos ajustes entre as áreas de projeto e processo.

Por exemplo, a engenharia de manufatura gera relatórios sobre suas dificuldades em determinado projeto que onera o custo do processo de um componente após receber os respectivos desenhos da engenharia de produto. Esta por sua vez, após um refinamento do projeto junto com o time funcional envolvido, modifica estes desenhos visando o melhor uso das capacidades de manufatura, reduzindo custos (Clark e Fujimoto, 1991).

Finalizando, deve-se ressaltar também que as relações informais dentre os membros da organização com base na proximidade, nas ligações, nas amizades, nos conselhos e nos ex-colegas de área contribuem substancialmente para agilizar o desenvolvimento e a implantação das propostas de redução de custo (Nohria, 1995).

4. ESTUDOS DE CASOS E ANÁLISE CRÍTICA DA APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DE OTIMIZAÇÃO DO VALOR DO PRODUTO AUTOMOTIVO EM PRODUÇÃO

4.1 Objetivos da pesquisa

Em algumas indústrias automotivas no Brasil, como por exemplo na General Motors do Brasil (GMB), a metodologia aplicada pela engenharia para desenvolver produtos correntes focando exclusivamente em otimização do valor do produto foi implementada com sucesso dentro da engenharia de produtos em meados de 2002.

Desta maneira, todas as oportunidades de redução de custo foram agrupadas e analisadas por um grupo exclusivo, ou seja, uma EOVP dentro da engenharia de produtos, trazendo como resultados excelentes economias para a corporação.

O principal objetivo a ser abordado neste capítulo é identificar, através de estudos de casos, quais os benefícios reais e efetivos que a metodologia da EOVP traz às organizações, em particular, nas indústrias automotivas. Além disso, busca mostrar também quais as vantagens, as desvantagens e as dificuldades para assimilação dos novos conceitos das atividades da EOVP e principalmente como quebrar paradigmas dentro da corporação.

Os exemplos práticos de implementação do conceito da EOVP mostrados são estudos de casos de produtos automotivos atualmente em produção na GMB. Serão mostrados também quais os índices porcentuais de itens nacionalizados por linha de veículo, qual a proporção do número de oportunidades versus idéias implementadas e por fim um exemplo da economia obtida ao longo dos últimos anos por uma indústria automotiva que aplicou a metodologia conceitualmente similar à EOVP.

4.2 Os estudos de casos

São abordados alguns estudos de casos de otimização de produtos automotivos implementados com sucesso em produção de veículos produzidos recentemente pela GMB. Para cada estudo são mostrados os seguintes tópicos:

- Descrição e objetivos das propostas.
- Origem das idéias.
- Descrição das peças ou sistemas.
- Diferenças técnicas das peças atuais e propostas.
- Principais aspectos de desenvolvimento e validação utilizados.
- Economia obtida pela montadora.
- Benefícios para a montadora e para o cliente.

Como citado no capítulo anterior, ao final do trabalho, todas essas informações relativas aos projetos implementados são atualizadas e armazenadas em um banco de dados de oportunidades da EOVP, de maneira que para cada projeto se tenha todo o histórico do desenvolvimento. Todo o departamento de engenharia de produtos pode dispor deste banco de dados para eventuais consultas e aplicações aos novos desenvolvimentos.

Estudo de caso nº. 1. Tipo de metodologia: nacionalização.

Descrição da proposta: desenvolvimento do projeto de localização ou nacionalização de um conjunto importado da caixa do porta-luvas do veículo Astra juntamente com um fornecedor local, conforme mostrado na Figura 4.1.

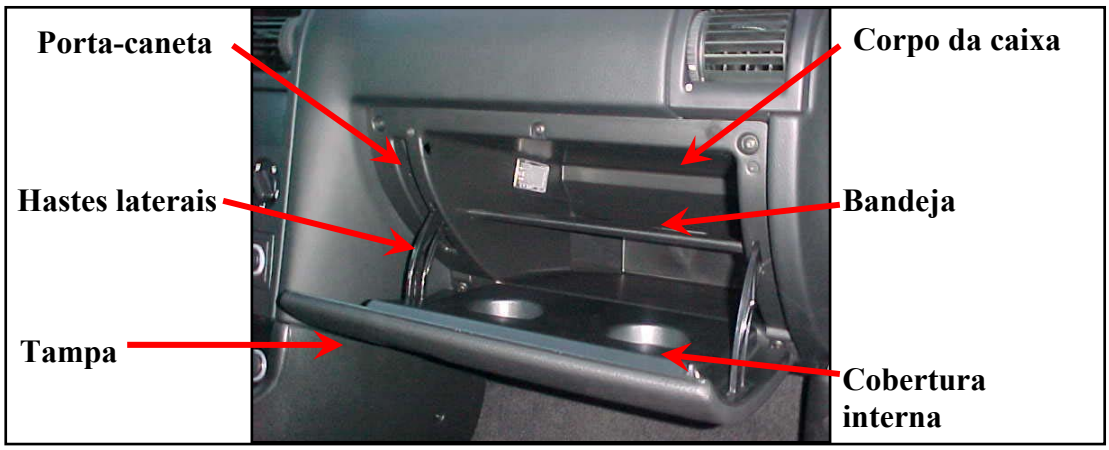


Figura 4.1. Ilustração de um conjunto da caixa do porta-luvas e seus principais componentes (referência: GMB).

Objetivos da proposta: reduzir custos do produto, melhorar a qualidade em relação ao produto atual e ampliar o índice de componentes nacionais na plataforma do Astra.

Origem da idéia: área comercial da montadora.

Descrição das peças ou sistemas: conforme mostra a Figura 4.1, o conjunto é composto basicamente pela tampa, corpo da caixa, cobertura interna da tampa, hastes laterais e pela bandeja divisória. Todos os componentes do conjunto são de materiais plásticos de diferentes composições. Como itens diferenciais e importantes para o usuário, o conjunto possui no corpo da caixa um porta-caneta e na cobertura interna da tampa dois porta-copos. O conjunto é montado no painel de instrumentos do veículo por meio de seis parafusos. As principais funções são alojar objetos, apoiar copos na tampa e prover acabamento em harmonia com o painel de instrumentos.

Diferenças técnicas entre peça atual e proposta: dimensionalmente as peças são idênticas, as diferenças estão nos materiais de ambas. Foi adicionado um anti-ruído na base interna da caixa devido às sugestões de consumidores. Foram utilizados materiais alternativos de maneira a reduzir o custo do produto, visto que os mesmos possuem as mesmas características dos materiais originais. As principais diferenças entre os conjuntos atual e proposto são mostradas a seguir na Tabela 4.1 comparativa.

Tabela 4.1. Comparação entre materiais atual e proposto do porta-luvas.

CONJUNTO PORTA-LUVAS	MATERIAL	
COMPONENTES	**PEÇA NACIONAL**	**PEÇA IMPORTADA**
PAINEL EXTERNO DA TAMPA	PINTURA SOBRE TEXTURA	ESPUMA DE PVC
ESTRUTURA INTERNA DA TAMPA	PLÁSTICO DE PP+EPDM+T20	PLÁTICO DE ABS
ESTRUTURA DA CAIXA	PLÁSTICO DE PP+EPDM+T20	PLÁTICO DE ABS
REVESTIMENTO ACÚSTICO (NA BASE DA CAIXA)	FELTRO FLOCADO	NÃO POSSUI

Principais aspectos de desenvolvimento e validação: o desenvolvimento limitou-se a pesquisa de materiais alternativos, entretanto os testes de validação identificaram uma pequena alteração no projeto. Seguindo os princípios da EOVP, a peça nacional passou pelos mesmos testes de validação que a peça importada, como, por exemplo, o teste de impacto e o teste de esforço de abertura e fechamento da tampa através do uso do dinamômetro de tração e compressão (Figura 4.2).

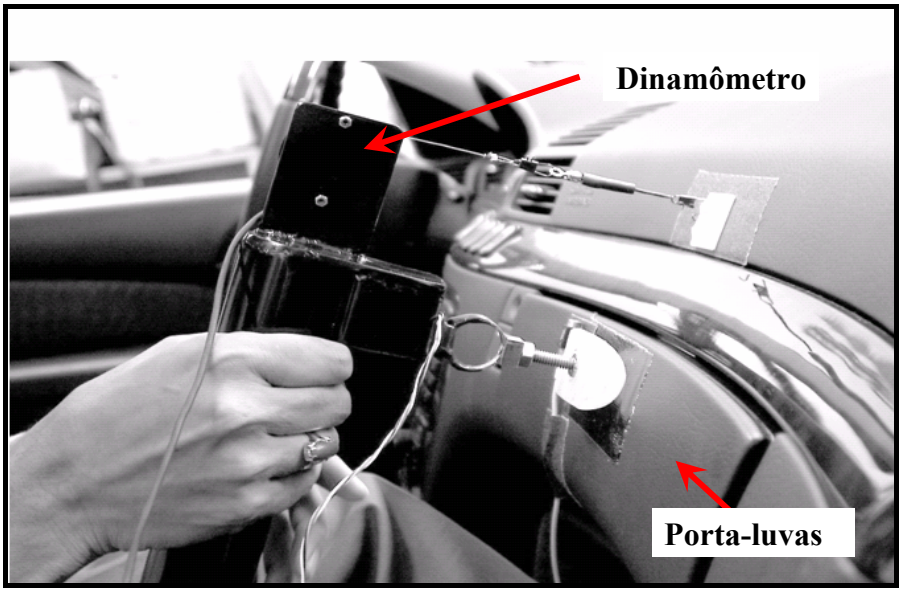


Figura 4.2. Medição de esforços da tampa do porta-luvas (referência GMB).

No teste de impacto ou “crash test”, que consiste no impacto frontal de um veículo, com todos os opcionais e com 5 (cinco) ocupantes representados por bonecos ou “dummies” instrumentados, contra uma barreira rígida a uma velocidade de 50,0 km/h (Figura 4.3), a tampa do porta-luvas no primeiro teste não obteve um desejado desempenho satisfatório.

Figura 4.3. Teste de impacto frontal no veículo Astra (referência: GMB).

As melhores práticas do desenvolvimento do produto ou “best practices”, recomendam que nenhum componente interno do veículo deve se desprender ao teste de impacto. Verificou-se que apesar do material nacional da tampa possuir características muito semelhantes ao importado, foram adicionados reforços estruturais internos, sendo este aprovado em outro teste de impacto frontal conforme mostrado na Figura 4.4.

Figura 4.4. Porta-luvas após teste de impacto frontal (referência GMB).

Economia obtida pela montadora: a Tabela 4.2 (Candido; et al, 2004) mostra a redução de custo de cada componente em relação ao componente anterior. Por exemplo, o componente tampa nacionalizado obteve um custo 8% menor que o custo da tampa importada. Assim, somando-se todas as reduções de custo dos demais componentes, a economia total obtida do conjunto localizado foi de 36% em relação ao custo do conjunto importado. Já a redução do custo do produto em relação ao custo total do veículo foi em torno de 0,10 %.

Tabela 4.2. Modificações realizadas pelo método da EOVP.

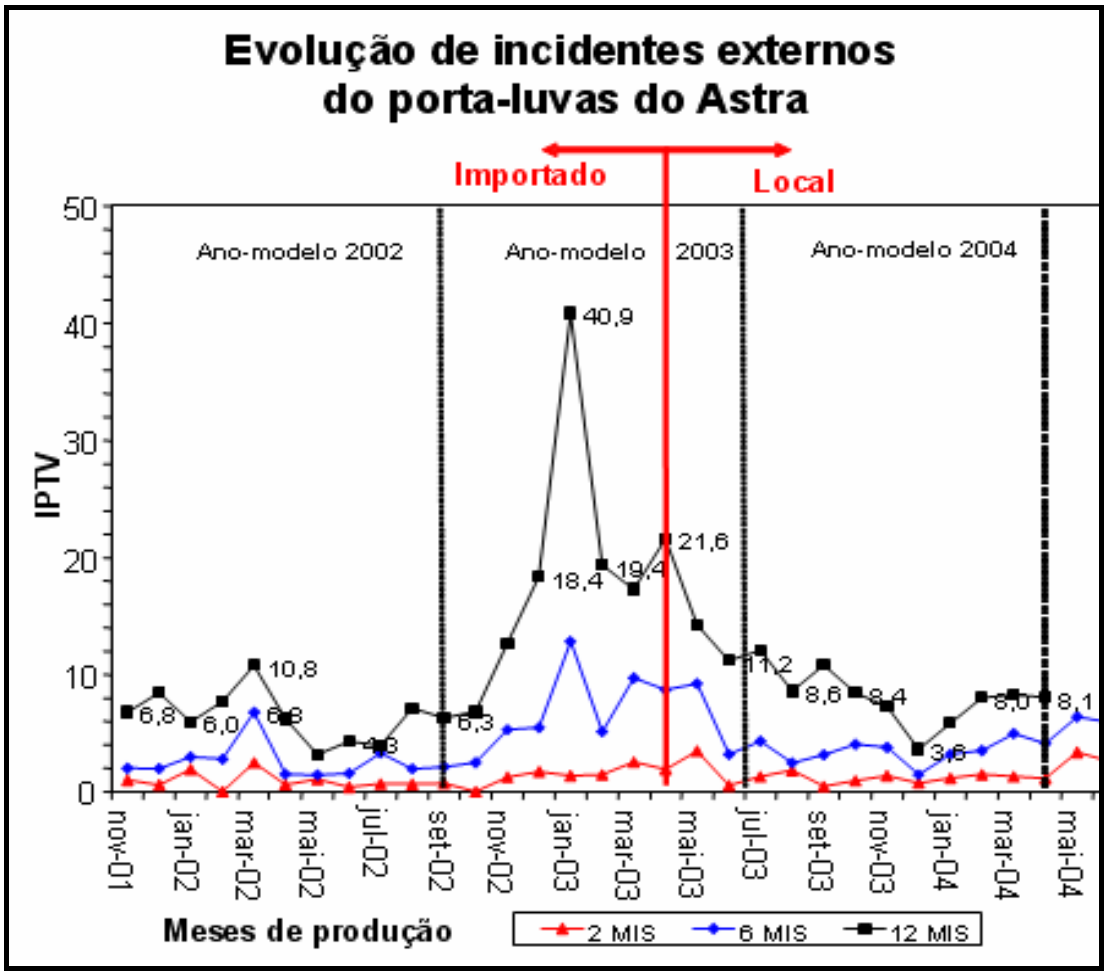
Componentes do porta-luvas	Modificações principais	Principais objetivos	Redução Custo
Painel externo da tampa	Mudança de material Adição de reforços Remoção de acabamento Adição de pintura	Redução de custo Melhoria de qualidade Redução de custo Redução de custo	8%
Corpo da caixa	Mudança de material Adição de antí-ruído	Redução de custo Melhoria de qualidade	13%
Cobertura interna da tampa	Mudança de material Adição de reforços Adição de antí-ruído	Redução de custo Melhoria de qualidade Melhoria de qualidade	8%
Bandeja	Mudança de material Adição de reforços Adição de antí-ruído	Redução de custo Melhoria de qualidade Melhoria de qualidade	3%
Outros			4%
Redução total do custo da peça nacional em relação à importada			**36%**

A Tabela 4.2 mostra também que os principais componentes do conjunto porta-luvas tiveram modificações de projeto ou de materiais para melhorar ainda mais a qualidade do produto, uma vez que o conjunto importado apresentava muitos incidentes de campo detectados ainda no prazo de garantia do veículo.

Os incidentes reportados pelos concessionários e por clientes na peça importada foram a abertura espontânea da tampa, a dificuldade para abrir a tampa e ruídos internos do conjunto com o veículo em movimento, este último denominado de efeito “Squeaks and Rattles” (S&R) ou rangidos e ruídos de chocalho.

Com a localização do conjunto do porta-luvas houve, portanto, uma significativa redução dos custos de garantia do produto, uma vez que os incidentes ocorridos com o conjunto importado foram minimizados com a substituição pelo conjunto local conforme mostra a Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Incidentes externos versus meses de produção (referência GMB).



A Tabela 4.3 mostra a relação entre os índices de ocorrência de incidentes em mil veículos em campo, o IPTV, da peça importada e da peça nacional versus os meses de produção do veículo Astra. Os dados obtidos referem-se à quantidade de peças com incidências em campo após 2 (dois), 6 (seis) e 12 (doze) meses em serviço ou seja, em uso pelo cliente, denominado de MIS ou "Months in Service", reportados através dos concessionários durante o período de garantia do veículo. Por exemplo, em abril de 2003, foram reportados 21 incidentes no porta-luvas em 1000 veículos produzidos que estavam com clientes a 12 meses da compra do veículo, 9 incidentes em 1000 veículos produzidos que estavam a 6 meses com clientes e finalmente 2 incidentes com porta-luvas em 1000 veículos produzidos que estavam a 2 meses em uso com clientes. É bastante evidente que após a nacionalização, os IPTVs da peça nacional foram diminuindo, a qual foi implantada na produção em março de 2003.

Benefícios: maior e melhor facilidade de comunicação com fornecedor local resultando em parceria para novos desenvolvimentos, aumento dos índices de qualidade interna e externa em 40% e aumento da satisfação do cliente demonstrada pela diminuição do número de incidentes de campo reportado pelos concessionários durante o prazo de garantia do veículo de um ano, conforme mostrado na Tabela 4.3.

Estudo de caso nº. 2. Tipo de metodologia: comunização.

Descrição da proposta: utilização no veículo Meriva de um mesmo isolador termo-acústico do painel interno do compartimento do motor para duas versões diferentes, ou seja, com e sem a opção de bolsa de ar inflável ("air bag"), alterando a abertura para passagem do sensor do "air bag" (Figura 4.5) além da proposta de mudança de material com propriedades similares à composição original.

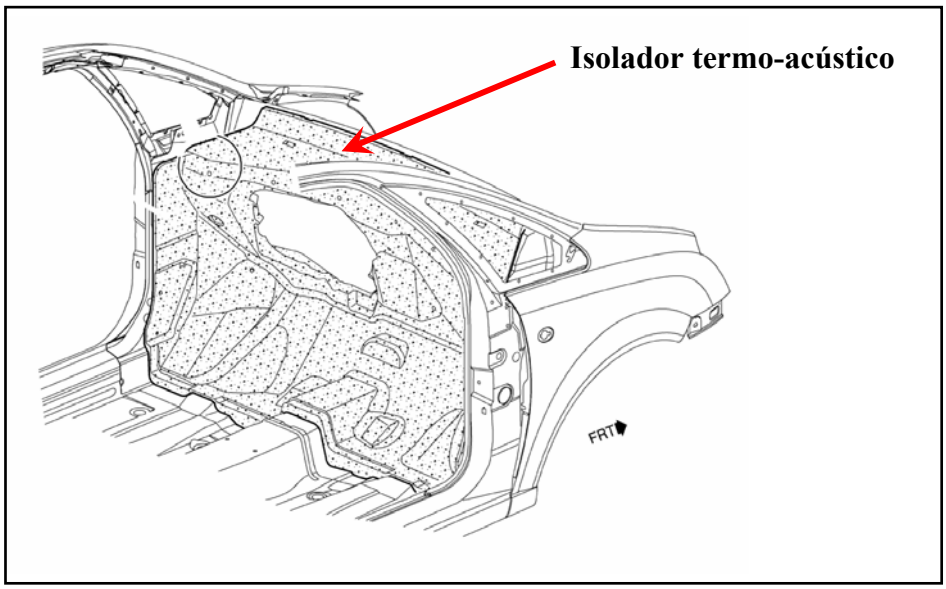


Figura 4.5. Ilustração de isolador no veículo Meriva (Catálogo de peças GM, 2005).

Objetivos da proposta: reduzir custos do produto com desproliferação de peças na linha de montagem, alterar material e manter a qualidade do produto.

Origem da idéia: processo de sugestões interno da companhia.

Descrição das peças ou sistemas: o isolador termo-acústico é composto por uma manta asfáltica revestido por uma camada de feltro fenólico. É montado na parte interna e frontal dentro da cabine dos passageiros, entre o painel de instrumentos e o painel interno do compartimento do motor. A manta permite uma maior rigidez do produto e maior isolação do calor proveniente do motor. O feltro tem função de revestimento acústico, minimizando o ruído do motor dentro da cabine nos padrões de qualidade exigidos pela montadora e oferecendo maior conforto aos ocupantes.

Diferenças técnicas entre peça atual e proposta: dimensionalmente as peças são idênticas, exceto que, enquanto na situação anterior existiam duas versões diferentes, ou seja, com e sem furo para a passagem do módulo da bolsa inflável, a proposta contempla apenas uma única versão com furo para veículos com e sem a opção. Efetuou-se também uma substituição do material do isolador de feltro fenólico para feltro termo-plástico reciclável e de menor custo do produto e processo.

Principais aspectos de desenvolvimento e validação: o desenvolvimento limitou-se à pesquisa de materiais alternativos sem implicação de perda de qualidade. Além disso, foi enfatizada a análise e validação do uso do novo isolador em veículo sem "air bag", condição que anteriormente não apresentava uma abertura adicional (Figura 4.6). A validação consistiu no teste de ruído no interior do veículo com o motor ligado em câmara semi-anecóica similar ao exemplo mostrado na Figura 4.7 e análise da temperatura interna em regiões previamente definidas, por um determinado período de tempo normalizado.

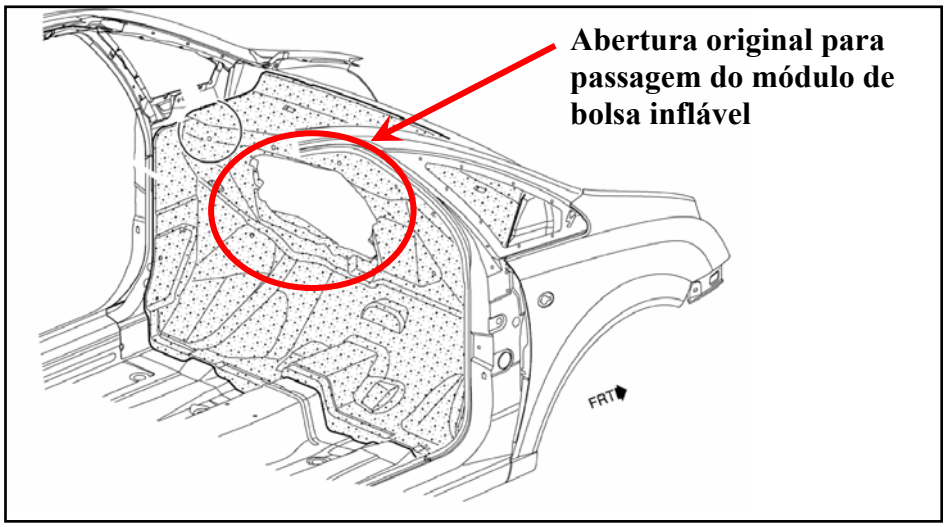


Figura 4.6. Abertura do isolador com e sem "air bag" (Catálogo de peças GM, 2005).

Figura 4.7. Exemplo de veículo em teste de ruído em câmara semi-anecóica.

Economia obtida pela montadora: redução de custo da peça em 20% e redução de custo de logística em 50%. A redução do custo do produto obtida em relação ao custo total do veículo foi em torno de 0,05 %.

Benefícios: peças comunizadas, uso de material nacional de menor custo, menor peso e reciclável. Não se alterou o desempenho em campo após implantação.

Estudo de caso nº. 3. Tipo de metodologia: alteração de material.

Descrição da proposta: troca do material do revestimento do conjunto dos bancos do veículo Celta (Figura 4.8) de tecido para vinil em posições tais que não causam desconforto e insatisfação para o cliente.

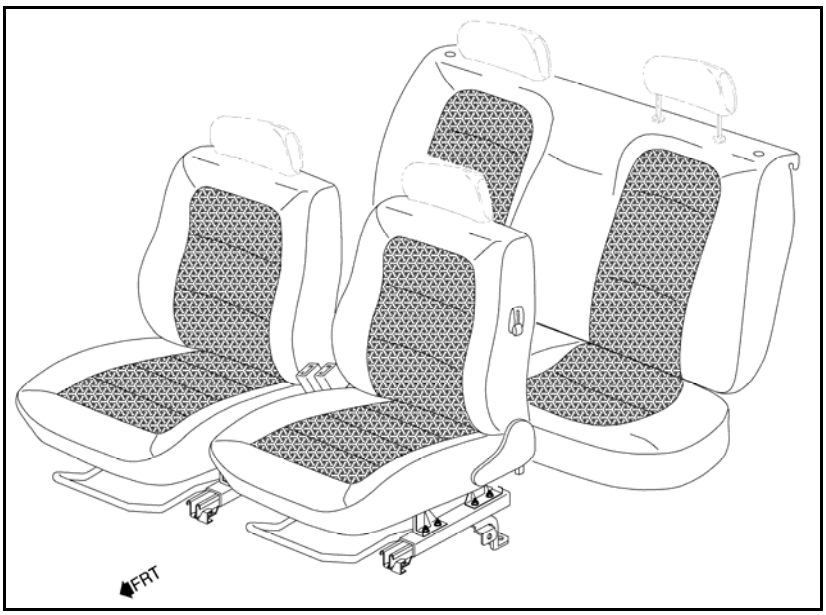


Figura 4.8. Conjunto de bancos do veículo Celta (Catálogo de peças GM, 2005).

Objetivos da proposta: reduzir custos através do uso de um material alternativo sem perda de função e qualidade.

Origem da idéia: departamento de análise do valor e "teardown".

Descrição das peças ou sistemas: o material de revestimento original dos bancos em tecido espumado foi substituído por vinil apenas nas regiões que não implicam desconforto e insatisfação para o cliente. As regiões definidas para a substituição do tecido espumado por vinil são: a parte posterior e lateral do encosto dos bancos, a parte posterior dos apoios de cabeça e as partes laterais dos assentos dos bancos (Figura 4.9).

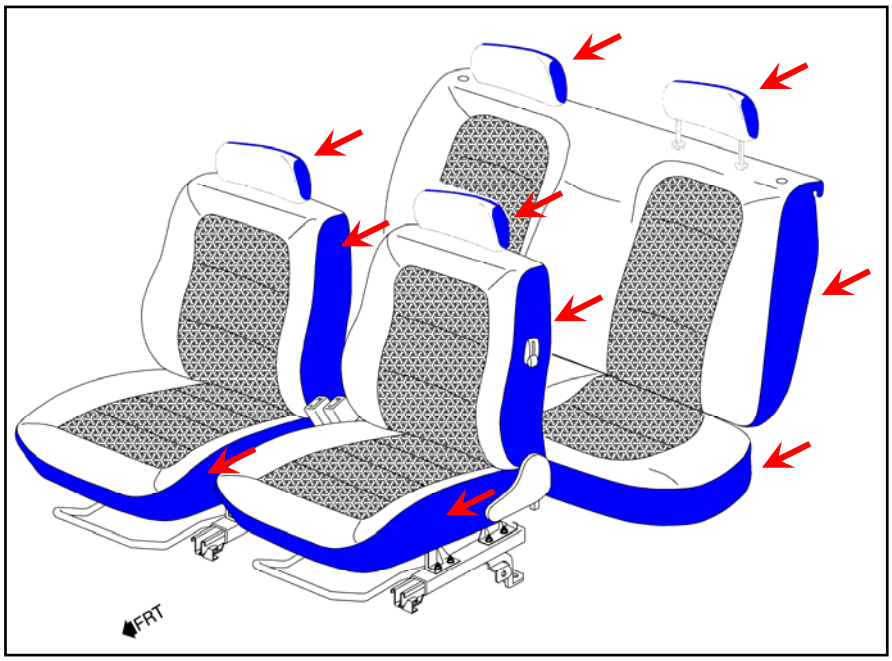


Figura 4.9. Regiões de aplicação do material proposto em vinil nos bancos (Catálogo de peças GM, 2005).

Diferenças técnicas entre peça atual e proposta: basicamente a única alteração é a adoção do vinil no lugar do tecido espumado nas regiões citadas.

Principais aspectos de desenvolvimento e validação: a aplicação do vinil no conjunto dos bancos foi escolhida com base em comparativos entre veículos concorrentes de mesma categoria. A validação do novo conjunto de bancos restringiu-se apenas a testes do material utilizado (vinil), os quais são a resistência à tração (rasgamento), a flamabilidade (propagação de chama), a ciclagem térmica, o intemperismo e abrasão.

Foi realizado também o teste de fadiga em 03 (três) conjuntos de bancos com a aplicação de esforços cíclicos de compressão no assento e no encosto para verificação da resistência da costura entre o vinil e o tecido espumado remanescente nas regiões não afetadas pela proposta. Os resultados obtidos conforme as normas vigentes foram satisfatórios.

Economia obtida pela montadora: a redução de custos de todo o conjunto dos bancos (dianteiro e traseiro) em relação ao custo total do conjunto de bancos anterior foi de aproximadamente 13,0 %. A redução dos custos dos produtos obtida em relação ao custo total do veículo foi em torno de 0,01 %.

Benefícios: manter a qualidade e a função do produto sem afetar o conforto do cliente, além de proporcionar uma maior facilidade de limpeza pelo usuário. De acordo com dados do departamento de garantia da qualidade da montadora obtidos regularmente pelos concessionários a cada 3 (três) meses, não ocorreram registros de alteração do desempenho em campo após implementação da proposta.

Estudo de caso nº. 4. Tipo de metodologia: remoção de peça.

Descrição da proposta: remoção do suporte metálico da placa de licença dianteira do veículo comercial GM modelo S10 para o mercado nacional.

Objetivos da proposta: reduzir custos mantendo a qualidade e a função através da remoção de um componente sem alteração de funções para o cliente.

Origem da idéia: EOVP.

Descrição das peças ou sistemas: a placa de licença do veículo era fixada por dois parafusos em um suporte metálico importado e este, por sua vez, era montado através de quatro parafusos e quatro buchas sobre a cobertura do pára-choque dianteiro (Figura 4.10). Este suporte permite a montagem de placas de licença de diferentes dimensões uma vez que o veículo em questão é exportado para diversos países.

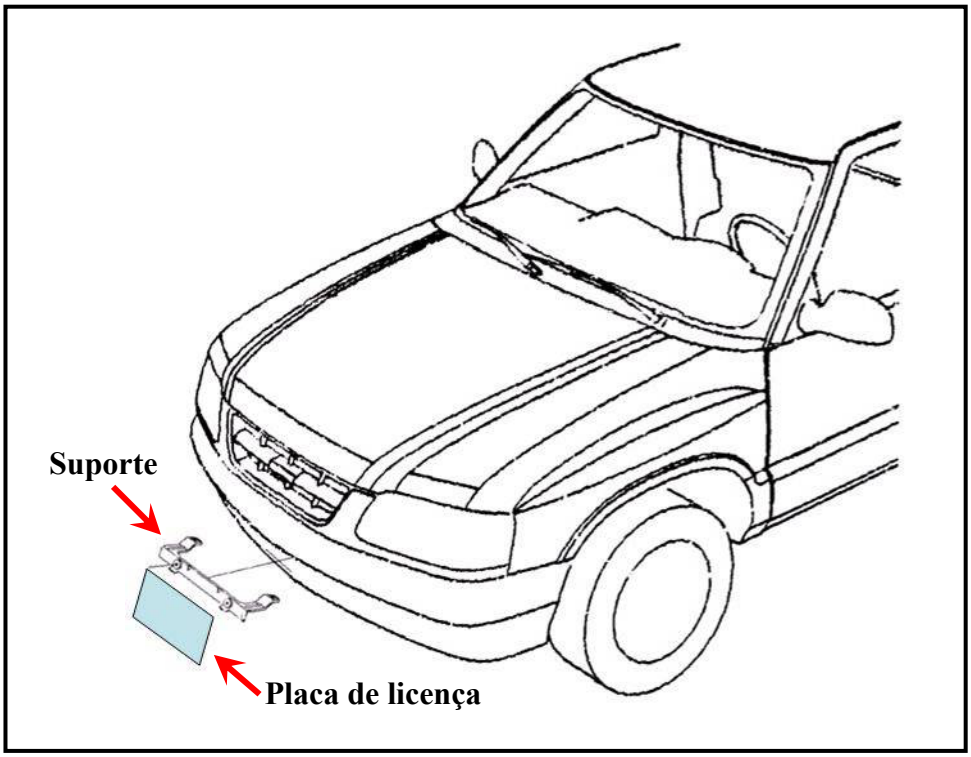


Figura 4.10. Fixação da placa de licença no suporte (Catálogo de peças GM, 2005).

Diferenças técnicas entre peça atual e proposta: a diferença consiste em substituir o conjunto atual composto por um suporte metálico, quatro parafusos e quatro buchas por um conjunto composto por apenas dois parafusos que fazem a mesma função de ancoragem da placa à cobertura do pára-choque dianteiro.

Principais aspectos de desenvolvimento e validação: foi identificada uma oportunidade de modificação no projeto da capa do pára-choque dianteiro devido à necessidade de inclusão na ferramenta de duas torres para a fixação direta da placa de licença por dois parafusos (Figuras 4.11 e 4.12). Essa modificação requereu uma alteração no ferramental de modo a manter intercambiável com produto anterior.

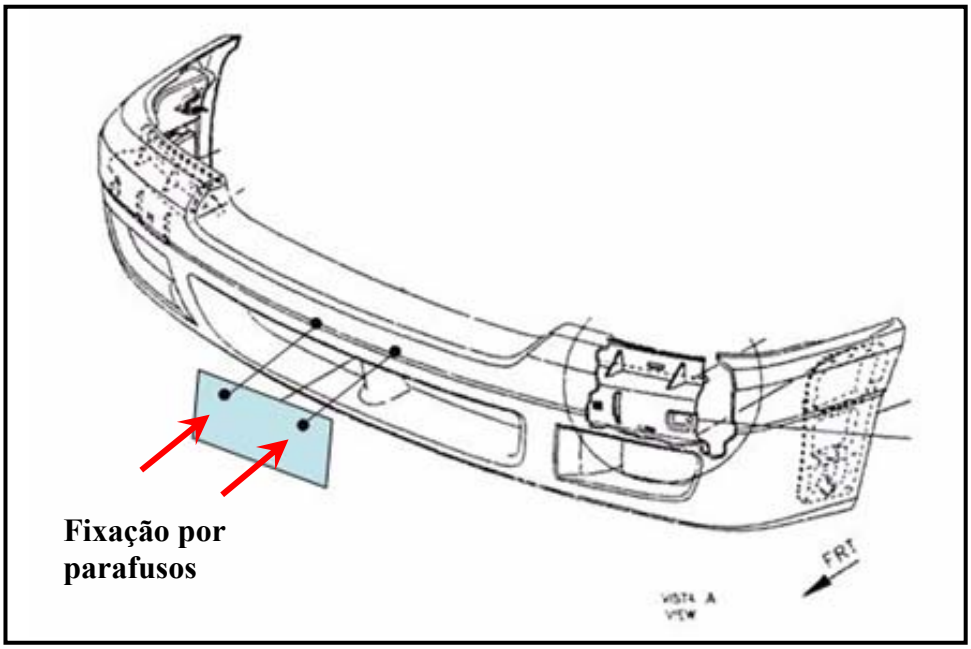


Figura 4.11. Nova proposta de fixação da placa de licença (Catálogo de peças GM, 2005).

Em relação à validação, não houve necessidade de nenhum teste regulamentar, pois neste caso em particular nenhum requisito técnico foi afetado. Devido a possibilidade de se manter a intercambiabilidade das duas situações, ou seja, montar a placa de licença na cobertura do pára-choque dianteiro tanto na versão atual como também na proposta, este projeto pôde ser implantado com maior facilidade e rapidez, uma vez que como este veículo também é exportado, o suporte metálico foi mantido para o mercado externo para permitir a montagem de placas de licença de variadas dimensões.

Dessa maneira, monta-se tanto o suporte importado quanto diretamente a própria placa, sem alteração da aparência externa para o consumidor.

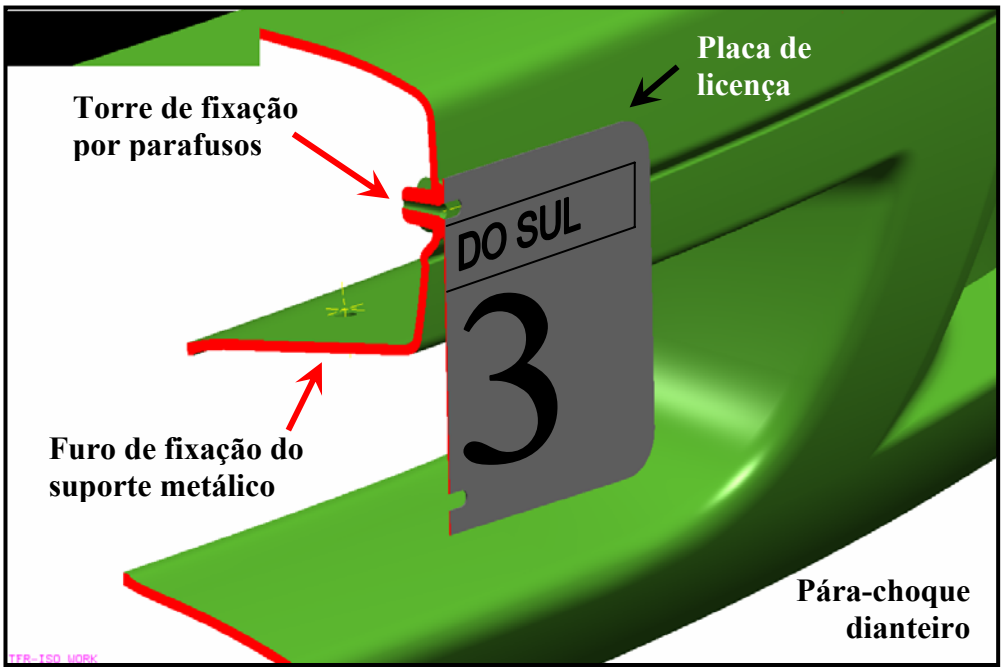


Figura 4.12. Seção do pára-choque na região de fixação da placa de licença (referência: GMB).

Economia obtida pela montadora: por ser um componente importado, o suporte metálico é agora fornecido somente aos países cujo veículo é exportado, gerando uma economia para a montadora no Brasil em relação ao custo logístico de importação e armazenamento. A redução do custo dos produtos obtida em relação ao custo total do veículo foi em torno de 0,02 %.

Benefícios: cancelamento da importação do suporte e dos quatro parafusos e quatro buchas, eliminação de uma operação a mais de montagem na linha de produção, com redução de peso e do tempo de mão-de-obra, manutenção da intercambiabilidade entre as peças na rede de concessionárias em caso de troca da cobertura do pára-choque dianteiro e qualidade para o cliente inalterada.

Estudo de caso nº. 5. Tipo de metodologia: substituição de componentes.

Descrição da proposta: substituição do conjunto do acendedor de cigarros e do cinzeiro com tampa localizado próximo ao console central interno do veículo

Celta pelo conjunto da tomada de força de acessórios elétricos e por um porta-objetos (Figura 4.13).

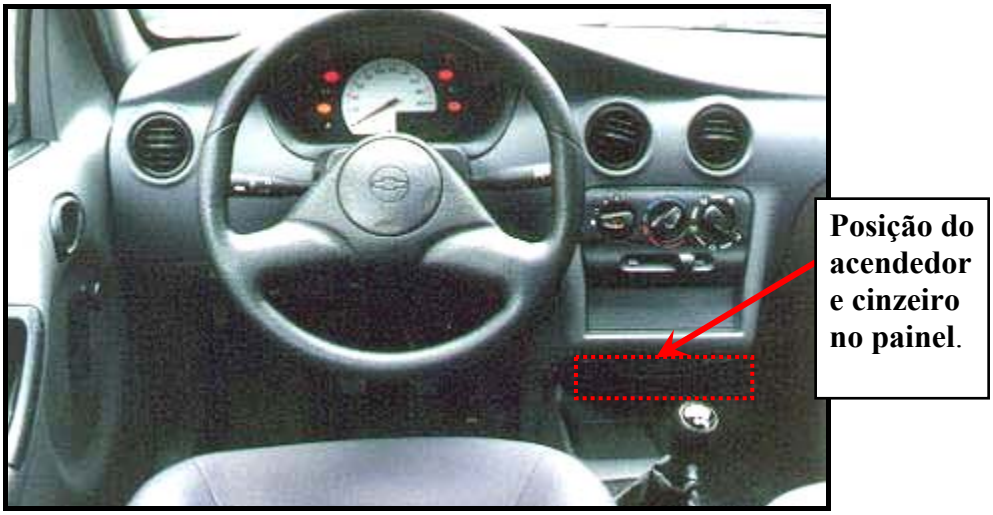


Figura 4.13. Localização do conjunto acendedor de cigarros e cinzeiro.

Objetivos da proposta: reduzir custos através da substituição dos conjuntos, com mudança de suas funções principais.

Origem da idéia: Análise do valor e "teardown" por meio de comparativos de modelos da concorrência de mesma categoria.

Descrição das peças ou sistemas: o conjunto do acendedor elétrico de cigarros e o cinzeiro são montados no painel de instrumentos e localizados na região do console dianteiro central interno do veículo Celta (Figura 4.14).

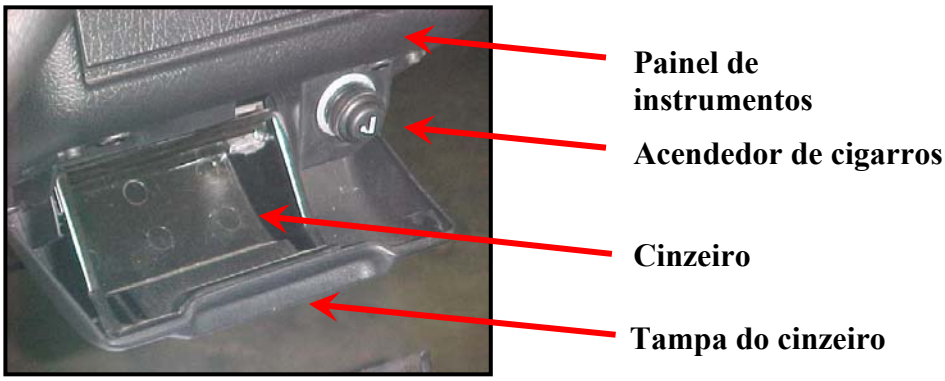


Figura 4.14. Detalhe do acendedor de cigarros e cinzeiro (referência GMB).

O acendedor é composto por um receptáculo metálico, um anel com iluminação e um botão que contém o elemento quente. Ao pressionar o botão, o elemento quente é aquecido e torna-se incandescente, possibilitando o acendimento do cigarro. Comparando as duas peças, o acendedor pode ser utilizado também como uma tomada de força para acessórios elétricos, como por exemplo carregadores de telefones celulares (Figuras 4.15 e 4.16). Já o cinzeiro, resistente às altas temperaturas (material plástico de baquelite) pode alojar, além das cinzas, objetos, moedas, entre outros.

Figura 4.15. Tipos de acendedores de cigarros automotivos.

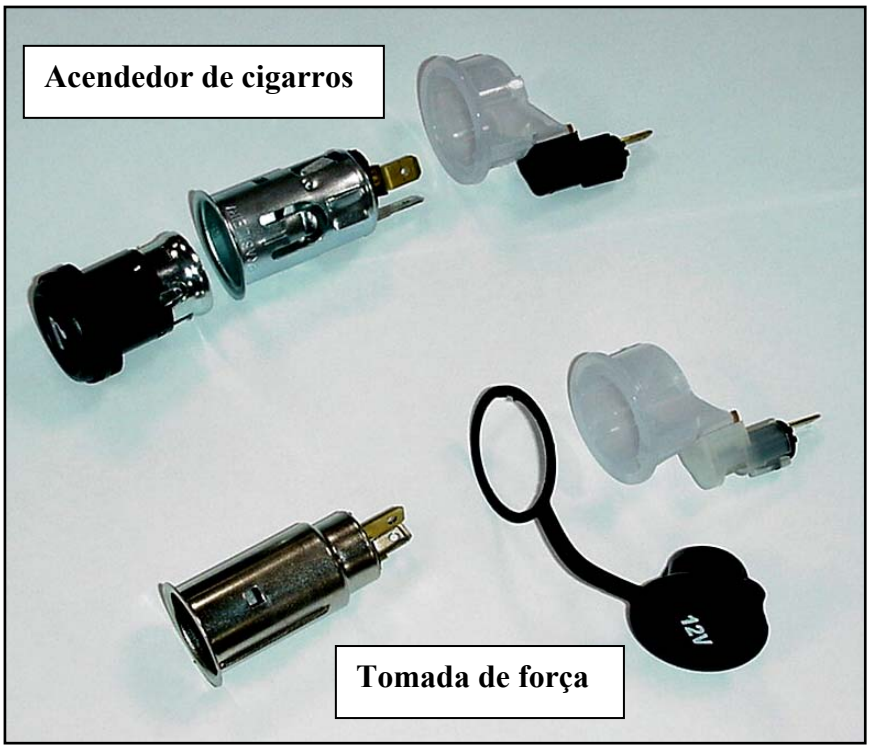


Figura 4.16. Comparativo entre acendedor e tomada de força automotivos.

Diferenças técnicas entre peça atual e proposta: os conjuntos atuais têm as funções principais de acender cigarros e alojar cigarros e cinzas e funções secundárias de fornecer energia para equipamentos elétricos e alojar objetos. A tomada de força de acessórios elétricos e o porta-objetos propostos têm respectivamente como funções principais somente as funções secundárias dos conjuntos atuais.

Principais aspectos de desenvolvimento e validação: os componentes propostos – porta-objetos e tomada de força para acessórios elétricos – foram projetados para que pudessem ser montados exatamente nas mesmas posições dos componentes anteriores (acendedor e cinzeiro), sem necessidade de modificação das contra-peças (Figura 4.17). Dessa maneira os conjuntos são intercambiáveis, o que permite disponibilizar o conjunto removido na fábrica ao usuário como item de acessório, adquirindo-o em concessionárias.

Figura 4.17. Localização do conjunto tomada de força e porta-objetos.

Em relação ao porta-objetos o material plástico desenvolvido foi de polipropileno (PP), o qual possui somente resistência mecânica e ao risco, suficiente para o alojamento de pequenos objetos. A tomada de força de 12V de tensão é indicada para a utilização de acessórios elétricos de até 120 Watts (Figura 4.18).

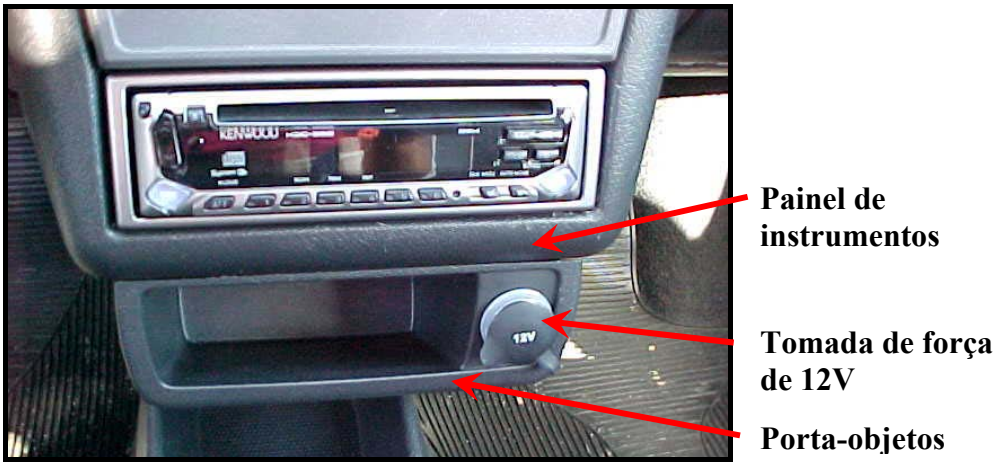


Figura 4.18. Detalhe proposto da tomada de força e porta-objetos.

Quanto à validação, foram priorizados os testes nos componentes quanto às normas de materiais, testes elétricos, ciclagens térmicas (flamabilidade ou autocombustão), acabamentos, entre outros. Em relação ao porta-objetos instalado em veículo, realizou-se em campo de provas testes de durabilidade, intemperismos e ruídos e vibrações.

Economia obtida pela montadora: os conjuntos resultaram em uma redução do custo em relação ao custo do conjunto anterior de 15,0 % e em relação ao custo total do veículo em torno de 0,13 %.

Benefícios: neste caso o benefício limitou-se à redução de custo dos produtos, com alteração da funcionalidade. Os componentes anteriores continuam disponíveis como itens de acessórios, ou seja, o consumidor pode adquiri-los em concessionárias caso tenha interesse.

Por ser um item de redução de custo com alteração da funcionalidade das peças envolvidas, verificou-se junto ao departamento de qualidade através do sistema de atendimento ao consumidor (CAC) da GMB e reportes dos concessionários um leve aumento de questões de clientes comentando a substituição dos produtos, após 6 (seis) meses de exposição ao campo, porém não houve quaisquer ocorrências de incidentes no campo.

4.3 Análise crítica

Os estudos de caso apresentados neste capítulo representam situações ideais, onde a qualidade e a satisfação dos clientes são mantidas. Entretanto, isso não ocorre na totalidade das propostas implementadas, pois uma proposta que não afeta a qualidade não significa necessariamente a satisfação do cliente. A maioria das idéias aprovadas altera componentes aparentes para o consumidor. Nestes casos, o desenvolvimento, validação e aprovação são ainda mais criteriosos.

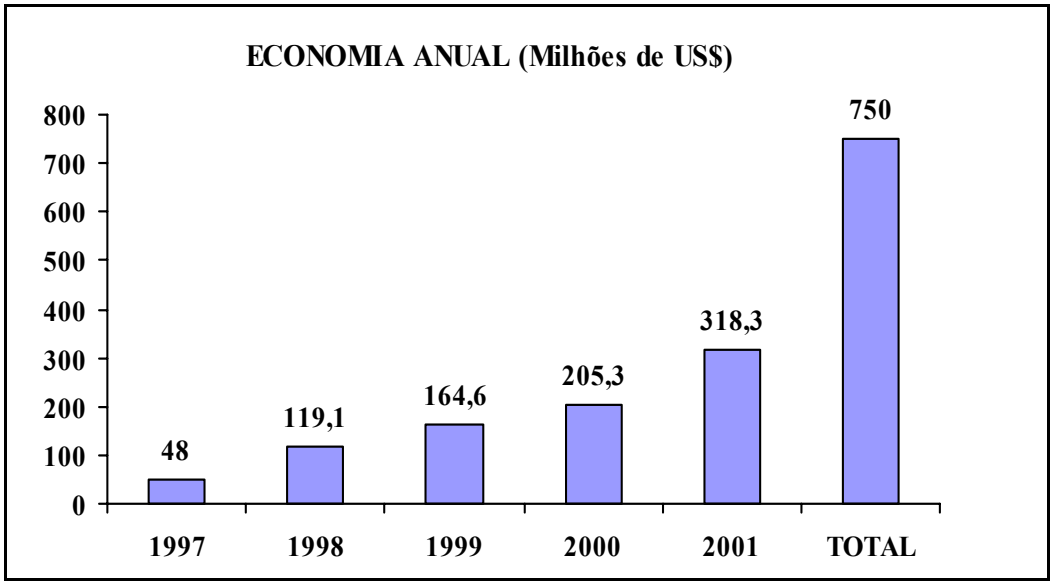
Quando uma organização cria um departamento de EOVP, seu objetivo principal é a redução de custo em curto prazo. Devido a isso, a tendência é que este setor foque em um primeiro momento na aprovação de idéias tecnicamente de menor complexidade, de rápida implementação, que não alterem a qualidade do produto para o cliente. Geralmente as propostas de comunização, localização e mudança de material se enquadram nestes casos. Por exemplo, o estudo de caso abordado referente à eliminação do suporte importado da placa de licença dianteira da S10 representa uma situação ideal por não ser um item perceptível pelo cliente.

Inicialmente a EOVP priorizou a implementação de itens de menor complexidade e rápido desenvolvimento relacionados à comunização, localização e mudança de materiais das peças, mantendo a característica original do produto. Em muitos casos, as propostas implantadas referem-se às modificações técnicas de funcionalidade. Estas situações, caso sejam aparentes, podem afetar a satisfação do cliente. Nestas situações há o auxílio maior das áreas da qualidade e de "marketing" nos estudos de viabilidade. São exemplos as propostas de remoção da iluminação do porta-luvas e do porta-malas em veículos de plataforma de menor custo, substituição do cinzeiro e do acendedor de cigarros pela tomada de força e porta-objetos (abordada nos estudos de caso), remoção da pintura em maçanetas externas de porta e em molduras laterais, entre outros.

Acima de tudo não deve deixar de avaliar em qual fase do ciclo de vida o veículo em produção em questão se encontra, de modo a verificar a viabilidade

técnica e econômica da proposta em estudo. Por outro lado, somando-se todas as propostas efetivadas nas plataformas de veículos em produção, algumas montadoras que possuem um setor de EOVP obtiveram resultados expressivos. A Tabela 4.4 mostra um exemplo de economia acumulada ao ano com a aplicação de uma metodologia de projeto similar à EOVP em uma indústria automotiva multinacional instalada no Brasil.

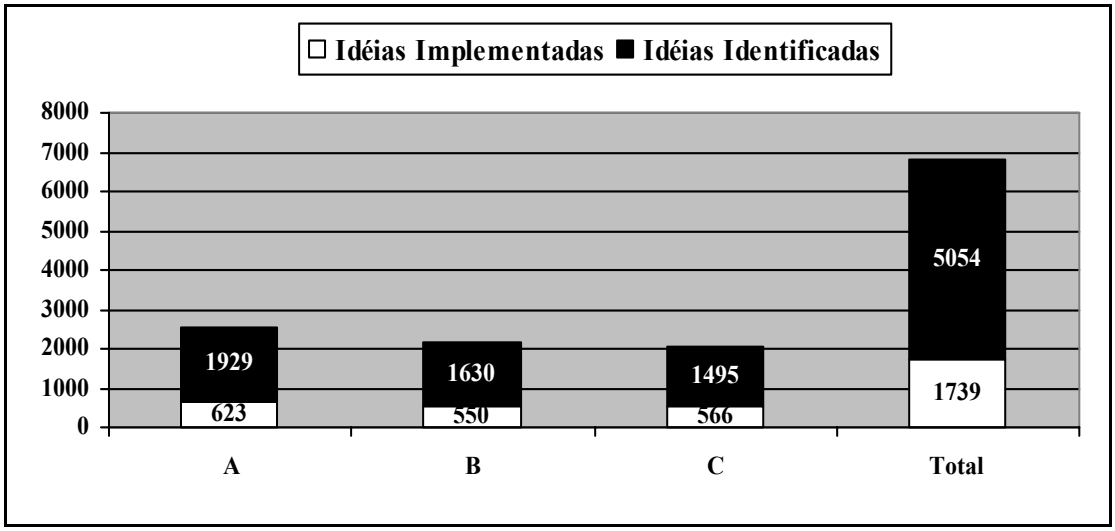
Tabela 4.4. Economia anual acumulada desde 1997 (Ventura, 2002).



Muitas idéias são apresentadas e submetidas à aprovação da EOVP, porém, em média, apenas pouco mais de um quinto de todas as propostas, mesmo aprovadas, são realmente implementadas. As razões para a não implementação de tantas propostas podem ser diversas, como por exemplo, o baixo volume de determinados tipos de veículos que demandam muitos investimentos para poucos resultados ou priorização por poucas propostas que resultam em maior economia e menor prazo de efetivação sem priorizar as idéias de menor economia, que em geral são a maioria ou então devido à proliferação de componentes que oneram o processo de montagem.

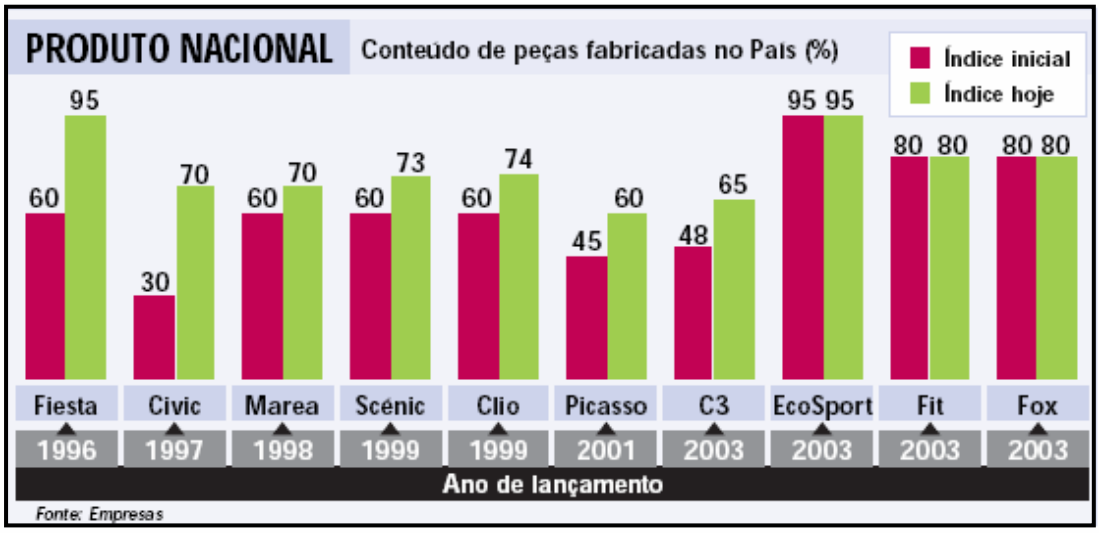
Um caso prático desta situação é demonstrado na Tabela 4.5, na qual se observa a relação entre as idéias identificadas e as propostas implementadas por plataformas de veículo genéricas A, B e C de uma tradicional montadora multinacional que possui um departamento de engenharia semelhante à EOVP.

Tabela 4.5. Idéias implementadas versus idéias identificadas (Ventura, 2002).



Em relação à nacionalização de componente, observa-se que os automóveis produzidos no País hoje são mais brasileiros do que há seis anos, ou seja, tem um maior índice de peças produzidas localmente (Tabela 4.6). Para o consumidor, a vantagem é um produto mais barato não só se tratando de veículos novos mas também extende-se a peças automotivas de reposição (Silva, 2004).

Tabela 4.6. Índice de componentes nacionais em veículos (Silva, 2004).



Dados da indústria automotiva indicam que o volume médio de peças locais em cada veículo passou de 40% a 60% para 70% a 80%. Mais do que a

nacionalização, as montadoras partem agora para um processo de regionalização. Priorizam fornecedores dos Estados que abrigam suas novas fábricas.

Modelos de veículos como Honda Fit, Ford EcoSport e o VW Fox, desenvolvidos no próprio País, já nascem com menos de 20% de itens trazidos da Europa e Estados Unidos, onde estão as matrizes das empresas (Silva, 2004).

Outras vantagens da nacionalização de produtos referem-se à diminuição da exposição das montadoras e autopeças às variações de moedas estrangeiras ao importar componentes, à contribuição para o aumento do superávit da balança comercial do setor, à economia de 25% a 30% para a montadora, incluindo custos de logística de transporte, impostos de importação e situação cambial (Silva, 2004).

Após três anos de atividades da EOVP na engenharia da GMB, pode-se concluir que a tendência é de que ao longo do tempo as propostas a serem analisadas e implementadas pela EOVP requeiram maior criatividade, maior tempo de desenvolvimento e validação e maiores investimentos, o que significa um necessário aumento de eficiência e eficácia do grupo.

Dentre as principais contribuições da EOVP para a companhia, no caso a GMB, a experiência obtida na implantação das propostas de reduções de custos é a mais importante, uma vez que todas as idéias aprovadas ou não e suas implicações e desdobramentos são devidamente armazenadas em um único banco de dados à disposição da engenharia de produtos como uma importante e rica base de dados para consultas e para referência nos novos projetos.

Concluindo, a situação ideal e desejada é que os projetos novos já sejam concebidos de modo otimizado, absorvendo toda a experiência da EOVP, incluindo as etapas de desenvolvimento, validação, processos, sinergias com outras áreas e fornecedores. Entretanto, essa nova situação implica uma mudança cultural dentro da engenharia, praticamente uma quebra de paradigma. Essa metodologia proposta da EOVP para auxílio no desenvolvimento de novos produtos será focada no Capítulo 5.

5. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA A MELHORIA DO PROJETO AUTOMOTIVO E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 Campo de aplicação

Conforme visto anteriormente nos Capítulos 2 e 3, a atuação da engenharia de desenvolvimento de novos produtos ocorre logo na primeira etapa do ciclo de vida do produto, enquanto que a atuação da EOVP ocorre nas fases de crescimento e maturidade do ciclo.

O planejamento dos trabalhos da engenharia de produtos normalmente é feito de forma que o desenvolvimento se concentre nas fases iniciais do projeto, para que todas as áreas envolvidas tenham acesso às informações logo de início, de maneira a minimizar surpresas que possam gerar retrabalhos futuros, como por exemplo alterações em ferramentas já concluídas ou mudanças nas especificações do produto, o que acarretaria em custos desnecessários.

Considerando estas diferenças, torna-se claro que o ideal é que as propostas de redução de custos sejam aplicadas na fase inicial de projeto de um novo produto, facilitando inclusive o desenvolvimento e validação. Portanto, quanto mais cedo for a aplicação da EOVP sobre um produto, maiores são os ganhos técnicos e econômicos, uma vez que passada cada fase, aumenta-se a necessidade de retrabalhos no projeto original, voltando-se muitas vezes à etapa inicial de desenvolvimento, podendo até tornar-se economicamente inviável.

Em geral, uma determinada proposta da EOVP, quando aplicada no início de um novo projeto, exige menores investimentos e conseqüentemente as reduções de custos são maiores em relação à implementação de idéias em um projeto em produção. As vantagens são maiores pois mais fácil será sua implantação e maior será a economia obtida por abranger um maior número de unidades produzidas, além de menor investimento em validação por incluir-se nos testes de um novo veículo.

Por outro lado, à medida que o produto novo é desenvolvido, testado, validado e produzido, aumentam as restrições às alterações dos colaboradores envolvidos, dificultando a abordagem da metodologia da EOVP e as possíveis reduções de custos (adaptado de Mattos, Massarani, 1997).

Considerando as quatro fases principais do processo de desenvolvimento de um novo projeto – preparação, estruturação, desenvolvimento e encerramento – é na etapa da preparação, em destaque na Figura 5.1 (adaptado de Maximiano, 2002), que se recomenda a inclusão das lições aprendidas da EOVP, permitindo que o projeto seja iniciado de maneira otimizada.

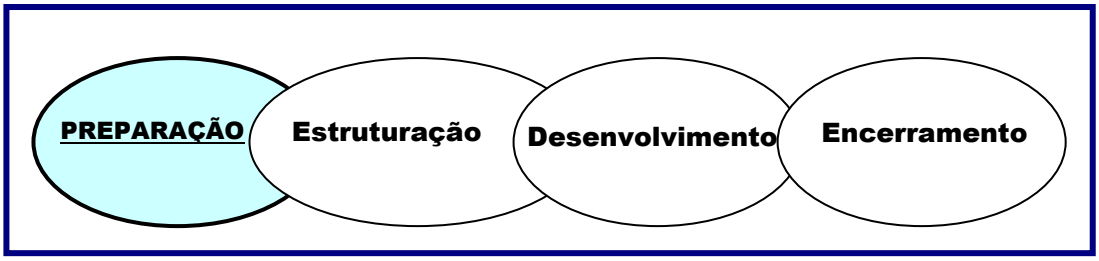


Figura 5.1. Destaque da fase de preparação para aplicação da EOVP no ciclo de vida de um novo projeto (adaptado de Maximiano, 2002).

Conforme visto no Capítulo 2, a etapa de preparação consiste na obtenção pelo engenheiro de todas as informações necessárias para o desenvolvimento de novos projetos, tais como requisitos dos grupos de "design" e de "marketing" da montadora, requisitos básicos de projetos, recomendações de utilização das melhores práticas de engenharia ou "best practices" provenientes de pesquisas em base de dados da engenharia, utilização dos melhores conceitos já aplicados em veículos concorrentes ou "benchmarking", requisitos de qualidade interna (linha de montagem) e externa ("voz" do consumidor).

A proposta de metodologia de projeto automotivo otimizado consiste em incluir na fase de preparação de um projeto novo a entrada de dados da EOVP. Isso é possível através do acesso e consulta por parte da engenharia de novos projetos ao banco de dados de idéias implementadas ou não, elaboradas e alimentadas pela EOVP. Este banco de dados será detalhado no tópico seguinte.

5.2 A estrutura da metodologia proposta

A estrutura da metodologia proposta inclui a EOVP como um departamento de suporte, de entrada de informações e fonte de recomendações técnicas e econômicas para a engenharia de produtos. A Figura 5.2 mostra de forma resumida os principais departamentos em uma indústria automotiva responsáveis por auxiliar a engenharia de produtos no desenvolvimento de projetos novos ou em produção. A proposta, mostrada na Figura 5.2 consiste em integrar também o departamento de EOVP nas áreas relacionadas com a engenharia de produtos.

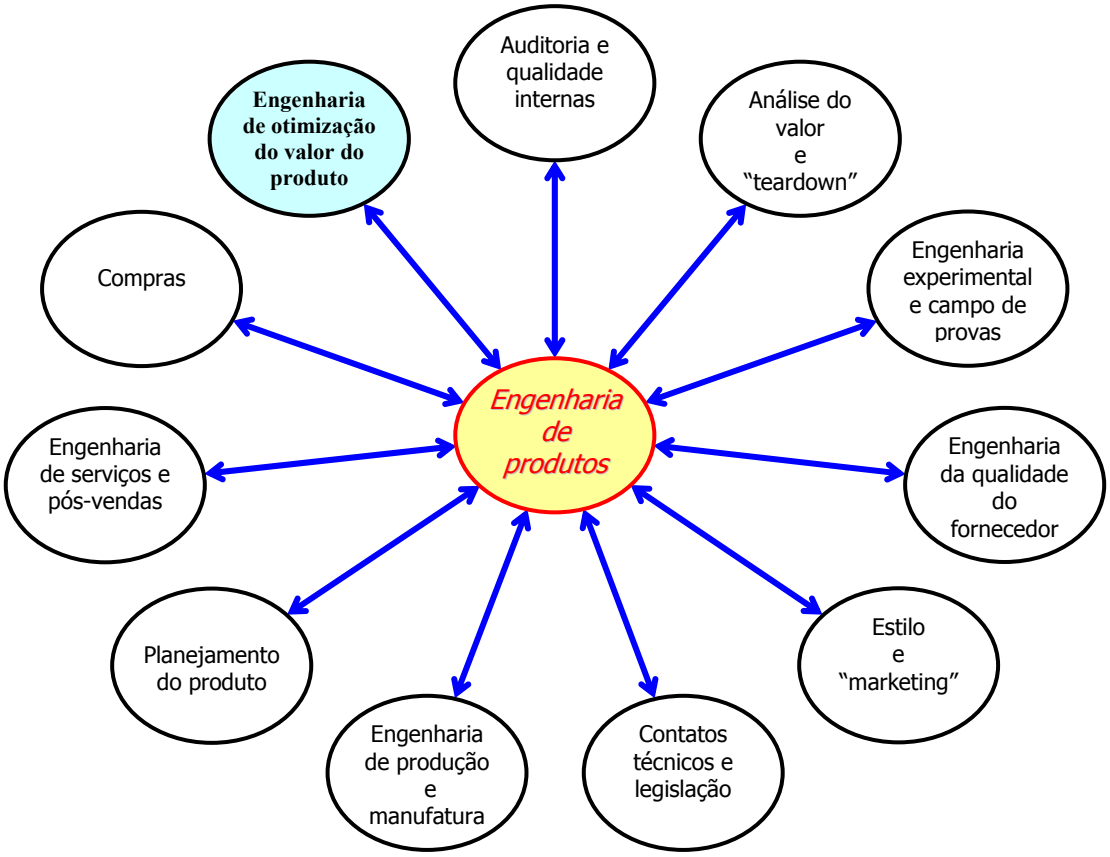


Figura 5.2. Inclusão da EOVP no diagrama esquemático das principais áreas relacionadas com a engenharia de produtos (adaptado de Candido, 2004).

Conforme visto anteriormente no Capítulo 3, a EOVP apóia-se em duas estratégias organizacionais essenciais na cadeia automotiva para garantir o sucesso da implementação dos produtos otimizados. A primeira é interagir diretamente com as principais áreas que são afetadas pelo desenvolvimento das suas atividades, atuando como um time multifuncional, e a segunda é disseminar o conceito de redução de custo com qualidade nestas áreas.

Através destes contextos, a engenharia de produtos é auxiliada pela EOVP na aplicação das propostas de redução de custos aos novos projetos. A sinergia das áreas beneficia toda a empresa, pois no caso do desenvolvimento de um novo produto, este já pode incluir as inovações implementadas na peça atual pela EOVP.

Como a EOVP possui representantes em outras áreas que se relacionam com a engenharia de produtos, os engenheiros de ambas as áreas, através de reuniões de revisões técnicas do produto novo, podem trocar informações e experiências de projetos anteriores. Desta maneira, é esperada uma maior interação entre os grupos envolvidos, através da aplicação do conceito do time tornando-se dessa maneira a implantação de projetos otimizados mais efetiva.

Ao definir o conceito de um novo produto ou outro em produção, o engenheiro de desenvolvimento de produtos pode analisar a viabilidade técnica de aplicação da metodologia de uma proposta otimizada em um componente automotivo similar através da consulta ao banco de dados da EOVP. Os requisitos técnicos para os novos projetos ou similares em produção passam a incluir então a análise do banco de dados da EOVP para a definição dos mesmos.

Este banco de dados, já existente na GMB e atualizado periodicamente, contempla todas as informações técnicas e econômicas de todos os projetos otimizados e implementados anteriormente ou não, em produtos automotivos correntes. É mostrado na Figura 5.3 um fluxo esquemático de utilização deste banco de dados dentro da corporação.

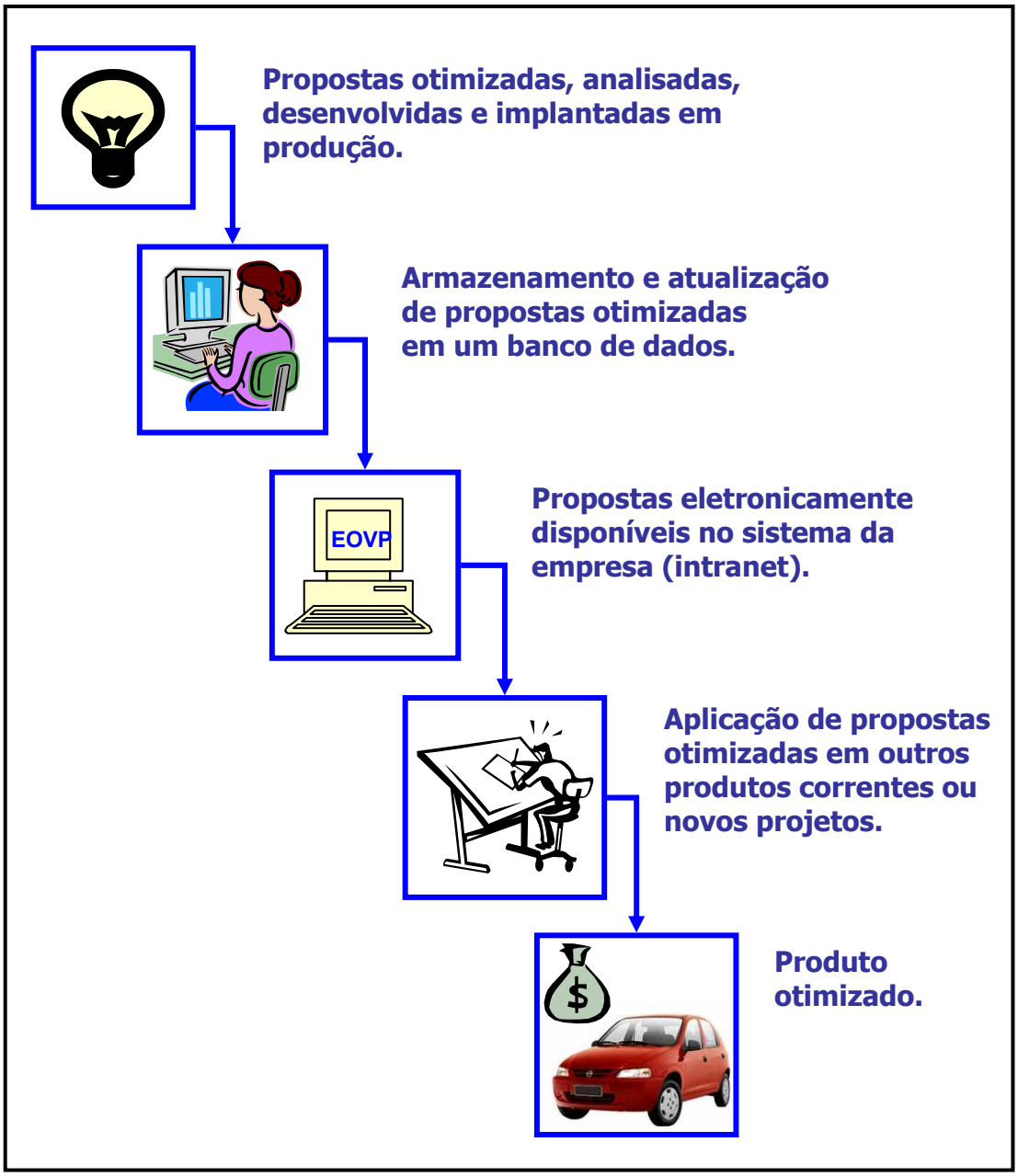


Figura 5.3. Fluxo esquemático de utilização do banco de dados da EOVP.

No banco de dados da EOVP cada proposta implantada ou não em veículos em produção é catalogada em um sistema interno do departamento e disponibilizada para todos os colaboradores relacionados com a EOVP, através de um servidor comum. Nesta base de dados são informados e atualizados os seguintes tópicos:

- Nome do componente ou sistema proposto.
- Número ou código de catálogo da proposta.
- Data de entrada da proposta na EOVP.
- Data de implantação da proposta em linha de produção.
- Tipo ou característica da proposta (comunização, localização, remoção, mudança de fornecedor local, mudança de material, outros).
- Descrição pormenorizada do escopo e do desenvolvimento da proposta.
- Origem da proposta (sugestões internas, de parceiros ou de fornecedores, seminários ou "workshops", comparativos de concorrentes, outros).
- Modelos e veículos afetados.
- Características afetadas pela proposta (material, segurança, requisitos legais, aparência, função, outros).
- Nome do engenheiro ou equipe responsável.
- Documentos de engenharia (ordem de serviço, desenhos, relatórios).
- Análise técnica (testes, ensaios, montagens, relatórios, desenhos, documentos de engenharia, outros).
- Análise financeira (viabilidade econômica, planilha de investimentos, economia obtida, período de retorno de investimento, outros).
- Informações adicionais (croquis, fotos, apresentações, normas, outros).

Na Figura 5.4 é ilustrado o exemplo de uma proposta registrada no banco de dados eletrônico da EOVP, que contém todos os detalhes da mesma, incluindo-se o acesso a todos os relatórios técnicos de ensaios, testes e validações, planilhas financeiras de viabilidade, desenhos e documentos de engenharia. Nesta planilha é possível realizar pesquisas, fazer filtros das idéias por número da proposta, nome do produto, grupo, engenheiro, datas ou documentos.

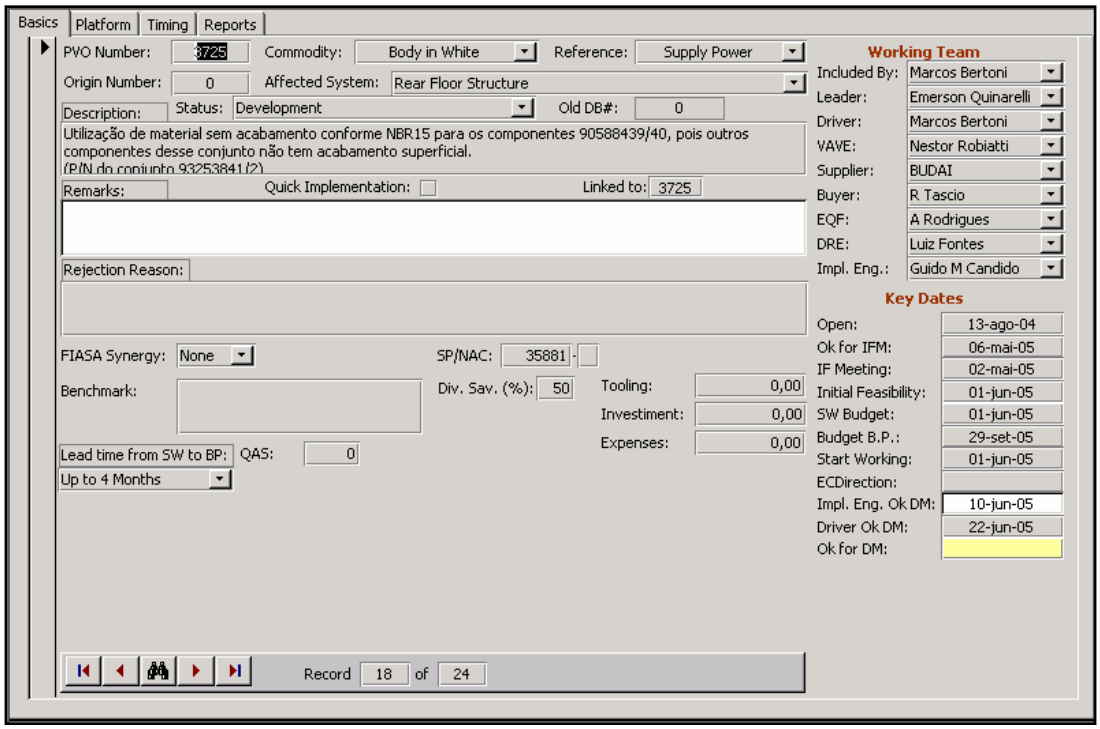
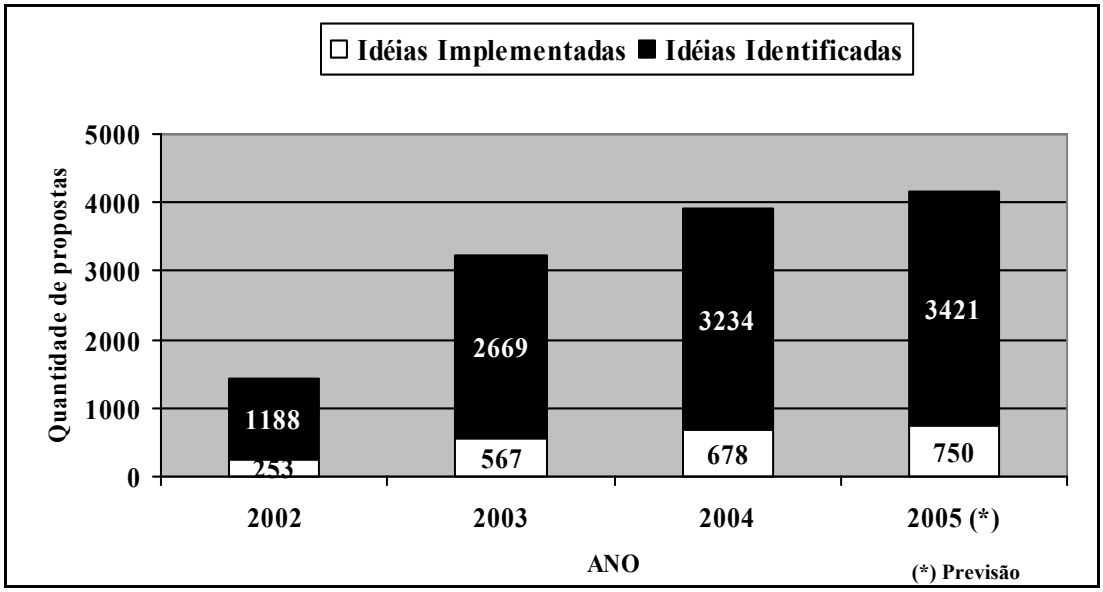


Figura 5.4. Exemplo de banco de dados de proposta desenvolvida na EOVP.

Em síntese todas as idéias aprovadas, rejeitadas, em desenvolvimento, em implantação ou concluídas são mais uma fonte de pesquisa e desenvolvimento para um novo projeto.

Conforme informado no Capítulo 4, muitas idéias são apresentadas à EOVP, porém, em média, apenas pouco mais de um quinto de todas as propostas, mesmo aprovadas, são realmente implementadas. Um exemplo desta situação é mostrado na Tabela 5.1, na qual se observa a relação entre as idéias identificadas e as propostas implementadas por ano pela EOVP na GMB.

Tabela 5.1. Idéias implementadas versus idéias identificadas na EOVP.



5.3 Sugestões de trabalhos futuros

Recomendam-se para trabalhos futuros da EOVP, os assuntos abaixo citados:

- Incluir na fase de preparação de um novo produto a consulta ao banco de dados da EOVP como mais um requisito de desenvolvimento de projeto.

- Intensificar, na fase de preparação de um novo projeto na engenharia de produtos, seminários técnico-comerciais ou "workshops" e trocas de idéias para identificação de novas oportunidades ou "brainstorming" (tempestade de idéias), envolvendo a EOVP e todo o time multifuncional conforme mostrado no Capítulo 5.

- Ampliar a metodologia da EOVP para outras áreas da corporação como manufatura, engenharia de processo e áreas não produtivas como por exemplo manutenção, oficina e frota de veículos, projetos de instalações industriais ou "lay-outs" de fábricas, no sentido de comunizar componentes, utilizar materiais alternativos e nacionalizar produtos.

- Impor uma melhor disciplina do processo em todos os estágios da EOVP: geração de idéias, avaliação e priorização por tempo ou custo, desenvolvimento e validação, e implementação na produção. Cada fase têm uma duração esperada, e cada idéia deve ser acompanhada passo a passo. Uma ótima disciplina assegura que a economia seja obtida no menor tempo possível.

- Definir objetivos de redução de custos através dos comparativos com veículos da concorrência, ou "benchmarking", componente por componente. Fornecedores possuem informações técnicas detalhadas dos produtos além de importantes informações econômicas, as quais permitem à montadora uma melhor análise e avaliação dos vários produtos existentes.

- Remover barreiras organizacionais – físicas e culturais – nas corporações de estrutura organizacional do tipo matricial é essencial no auxílio ao desenvolvimento dos projetos, inclusive projetos da EOVP. Gerenciamento flexível dos projetos, principalmente no que diz respeito às mudanças culturais, reduz possíveis conflitos entre as áreas de engenharia, compras, manufatura e marketing, por exemplo.

- Estabelecer regras chaves de suporte gerencial, incluindo definição de metas, revisões de projetos, remoção de barreiras e dificuldades e suporte às decisões críticas em situações de desequilíbrio entre custo do produto, peso, desempenho e funcionalidade.

- Aplicar inovações tecnológicas para novos programas através do uso de materiais alternativos, novos produtos eletrônicos (sistemas de freio antitravamento, módulos e sensores, iluminação, etc.) com uma reorganização do processo de manufatura (e.g. troca de solventes com tintas à base de água, uso de processos metalúrgicos baseado na sinterização e material compósito, etc.), as quais estão fora das competências tradicionais das montadoras (Lung e Volpato, 2002).

- Inovar através do aumento da variedade de modelos e da redução de plataformas de veículos, de motores e do ciclo de vida dos programas.

- Desenvolver e ampliar parcerias entre as indústrias automotivas, mais especificamente a EOVP e demais áreas da engenharia de produtos, e as universidades com o objetivo de incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de novas opções técnicas e econômicas de produtos veiculares otimizados.

- Pesquisar e analisar a evolução do desenvolvimento tecnológico das empresas nacionais de autopeças, ou seja, fornecedores locais, visando à aplicação dos conceitos e experiências adquiridos pela EOVP.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de 1990, o universo do mercado automotivo tornou-se sofisticado, cosmopolita e globalizado. Modelos e marcas de veículos dos Estados Unidos (EUA), Europa e Japão competem diretamente, onde os automóveis são projetados, desenvolvidos e vendidos em diferentes continentes (Clark e Fujimoto, 1991).

Citam-se três aspectos que transformaram o mundo da indústria automotiva: primeiramente é o aumento da intensa competição internacional, o segundo é o crescimento dos mercados fragmentados (regionais) e finalmente, o grande avanço tecnológico dos produtos. Sob esses fatores deve-se compreender a interação competitiva e desempenho na indústria automotiva e seu contexto histórico, ou seja, a vantagem competitiva é direcionada para as empresas que oferecem mais variedades, novos produtos, melhor desempenho e com estilos mais atraentes (Clark e Fujimoto, 1991).

No Brasil, as indústrias automotivas multinacionais atendem ao mercado local e exportador, com plataformas e produtos veiculares globalizados. Porém, devido ao peso excessivo dos impostos e taxas no preço do automóvel aliada à condição sócio-econômica de grande parte dos consumidores, a política tributária se tornou fator determinante no perfil do mercado brasileiro. O aumento ou redução na tributação de determinado nicho de veículo atrai ou afasta o comprador de determinado veículo para outro (Chinelato, 2004).

Os fabricantes de veículos brasileiros, por exemplo, investem atualmente na tecnologia dos automóveis compactos com propulsores de capacidade volumétrica máxima de 1000 cm^3, também denominados de “veículos populares”, movidos a bi-combustível (álcool e/ou gasolina), cujo objetivo é atender aos consumidores de menor renda a um baixo custo, com qualidade e flexibilidade.

Desta forma, em relação ao propósito deste trabalho frente a um ambiente competitivo global, intenso, dinâmico e pelo exposto no transcorrer dos Capítulos,

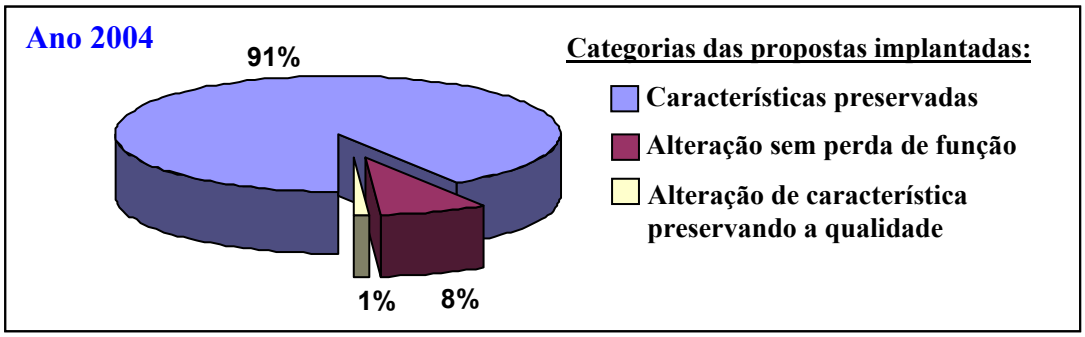
pode-se concluir que a utilização na indústria automobilística de uma metodologia de desenvolvimento de projeto focado em redução de custos e com manutenção da qualidade de projetos em produção, é fundamental para garantir a participação das autoindústrias no mercado em curto e médio prazo com competitividade.

Foram mostradas duas metodologias aplicadas à engenharia automotiva, a tradicional do desenvolvimento do produto e a engenharia de otimização do valor do produto, a EOVP. Esta última contém os mesmos princípios e metodologias da anterior, porém focada na redução de custos dos produtos automotivos em produção. Foram abordados seus objetivos, atividades, fases de desenvolvimento e por fim o relacionamento e comunicação com a cadeia produtiva.

Apesar da área da AV/EV poder identificar potencial de economia nos produtos, a EOVP vai mais além. Como mostrado no Capítulo 3, esta área é composta por um time dedicado em um processo robusto de identificação, desenvolvimento e implementação de propostas de redução de custos que combina geração de idéias com as análises técnicas e comerciais das propostas, de modo a estabelecer objetivos claros para reduções de custos. Ela define prazos para garantir ações rápidas e difunde a colaboração e a flexibilidade das áreas envolvidas dentro do processo de implantação. Dentro da corporação ela atua no sistema matricial e o processo pode ser particularizado para produtos específicos. Os engenheiros se tornam os autores das idéias e são responsáveis pelas propostas de redução de custos do início ao fim do projeto.

Através de estudos de caso de aplicação da metodologia da EOVP na GMB mostrados no Capítulo 4, demonstrou-se que é possível obter redução de custos nos projetos veiculares em produção de forma inovadora e criativa sem a diminuição da qualidade e sem alteração para o cliente. É interessante observar que, diferentemente do que parece, a maior parte do total de propostas implantadas em produção são de produtos cujas características são preservadas, como no exemplo apresentado na Tabela 6.1, referente às propostas implantadas em 2004 pela EOVP nos veículos em produção da GMB.

Tabela 6.1. Propostas da EOVP efetivadas na GMB divididas por categorias.



No Capítulo 5 foi apresentada uma proposta da aplicação da metodologia da EOVP nas fases de crescimento e maturidade no ciclo de vida do produto automotivo em produção, enquanto que, para um produto novo, recomendou-se a inclusão das lições aprendidas da EOVP na etapa da preparação, permitindo que o projeto seja iniciado de maneira otimizada.

Recomendou-se ainda disponibilizar um banco de dados dos produtos otimizados que foram implementados ou não em produção para todas as áreas da engenharia, visando dessa maneira manter a rastreabilidade, o controle e a aplicação das mesmas aos novos projetos ou similares em produção.

Sugere-se como continuidade a este trabalho, a realização de estudos sobre novas práticas ou estratégias de desenvolvimento de projetos automotivos otimizados com qualidade, ou seja, analisar métodos alternativos de projetos de componentes ou sistemas veiculares novos ou em produção com foco em redução de custos e com manutenção da qualidade, permitindo assim verificar e comparar a evolução das análises atual e futura. No escopo do tema, recomenda-se também uma abordagem maior do uso de estratégias corporativas na engenharia de produtos tais como, planejamento e gerenciamento dos custos dos produtos e processos, times integrados de projetos, melhoria contínua, criatividade, “brainstoring” provenientes de seminários, palestras e congressos, uso dos “best practices”, prevenção e solução de problemas, desenvolvimento de projetos robustos, parcerias entre institutos de pesquisas, universidades, fornecedores e montadoras buscando a inovação e a excelência tecno-econômica de produtos e processos automotivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROCO, M. S. **Qualidade no processo de desenvolvimento do produto na indústria automotiva**. Trabalho de Curso (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

CARBONARI, A. J. **Sistema aviônico em aeronaves**. In: SEMINÁRIO ELETRO-ELETRÔNICA APLICADA À MOBILIDADE III, São Paulo, 2001.

CATÁLOGO DE PEÇAS GM – General Motors do Brasil, 2005. 1 CD-ROM, classificado como informativo.

CHRYSLER; FORD; GM **Requisitos do sistema de qualidade QS-9000**. São Paulo: IQA-Instituto da Qualidade Automotiva, 1998.

CALDERINI, M.; CANTAMESSA, M. **Innovation paths in product development: an empirical research**. International Journal of Production Economics, v.51, p.1-17, 1997.

CANDIDO, G. M. et al. **Engenharia e análise de valor: estudo de caso de uma aplicação em componente automotivo.** In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO DE TECNOLOGIA DA MOBILIDADE, 13., São Paulo, 2004. SAE Brasil 2004. São Paulo: SAE, 2004 (Paper SAE 2004-01-3329).

CANDIDO, G. M.; KAMINSKI, P. C. **Otimização do valor do produto na indústria automotiva.** In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO DE TECNOLOGIA DA MOBILIDADE, 13., São Paulo, 2004. SAE Brasil 2004. São Paulo: SAE, 2004 (Paper SAE 2004-01-3329).

CHINELATO, E. **Desenvolvendo veículos populares a partir da necessidade do consumidor com propostas de baixo custo variável.** Trabalho de Curso (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization and management in the world auto-industry**. Boston: Harvard Business School, 1991.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. **Creating project plans to focus product development**. Boston: Harvard Business Review, 1992.

CROW, K. **New product development solutions**. Palos Verdes, California 2004. Disponível em: < http://www.npd-solutions.com/index.html> Acesso em 13 de jul. 2005.

CSILLAG, J. M. **Análise do valor**. São Paulo: Editora Atlas, 1995.

GOODSELL, D. **Dictionary of automotive engineering.** Warrendale: SAE, 1995.

KAMINSKI, P. C. **Notas de aula da disciplina PMC 5603 - Administração de projetos e desenvolvimento de produtos com planejamento, organização e qualidade**. São Paulo: EPUSP, 2003.

KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro: Editora LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2000.

KOTLER, P.; ARMSTRONG, G. **Princípios de marketing**. Rio de Janeiro: Editora LTC - Livros Técnicos e Científicos, 1999.

LUNG, Y. **Editorial: coordinating competencies and knowledge in the auto industry**. International Journal of Automotive Technology and Management, v.4, p.109-111, 2005.

LUNG, Y.; VOLPATO, G. **Editorial: redesigning the automakers-suppliers relationships in the automotive industry**. International Journal of Automotive Technology and Management, v.2, p.3-9, 2002.

MAFFIN, D.; BRAIDEN, P. **Manufacturing and supplier roles in product development**. International Journal of Production Economics, v.69, p.205-213, 2001.

MAJESKE, K. D.; LYNCH-CARIS, T.; HERRIN G. **Evaluating product and process design changes with warranty data**. International Journal of Production Economics, v.50, p.79-89, 1997.

MATTOS, F. C.; MASSARANI, M. **Engenharia do valor como instrumento de qualidade no desenvolvimento de produtos mecânicos.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA, 9., São Paulo, 1997. SIMEA 1997. São Paulo: s. ed., 1997.

MAXIMIANO, A. C. M. **Administração de projetos – como transformar idéias em resultados.** São Paulo: Editora Atlas, 2002.

MONTEIRO, C. A. **Proposta de um modelo de análise da viabilidade técnica-econômica-financeira para projetos na área automotiva.** Trabalho de Curso (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

NOHRIA, N. **Note on organizational structure.** Boston: Harvard Business School, 1995.

PRADO E SILVA, A. et al. (Coord.) **Dicionário brasileiro da língua portuguesa.** São Paulo: Encyclopaedia Britannica do Brasil, 1982.

ROMIO JR., J. L. **Redução de custos baseada nos atributos veiculares**. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO DE TECNOLOGIA DA MOBILIDADE, 12., São Paulo, 2003. SAE Brasil 2003. São Paulo: SAE, 2003 (Paper SAE 2003-01-3660).

SEUNGWOOK, P.; HARTLEY, J. L.; WILSON D. **Quality management practices and their relationship to buyer's supplier ratings: a study in the Korean automotive industry**. Journal of Operations Management, v.19, p.695-712, 2001.

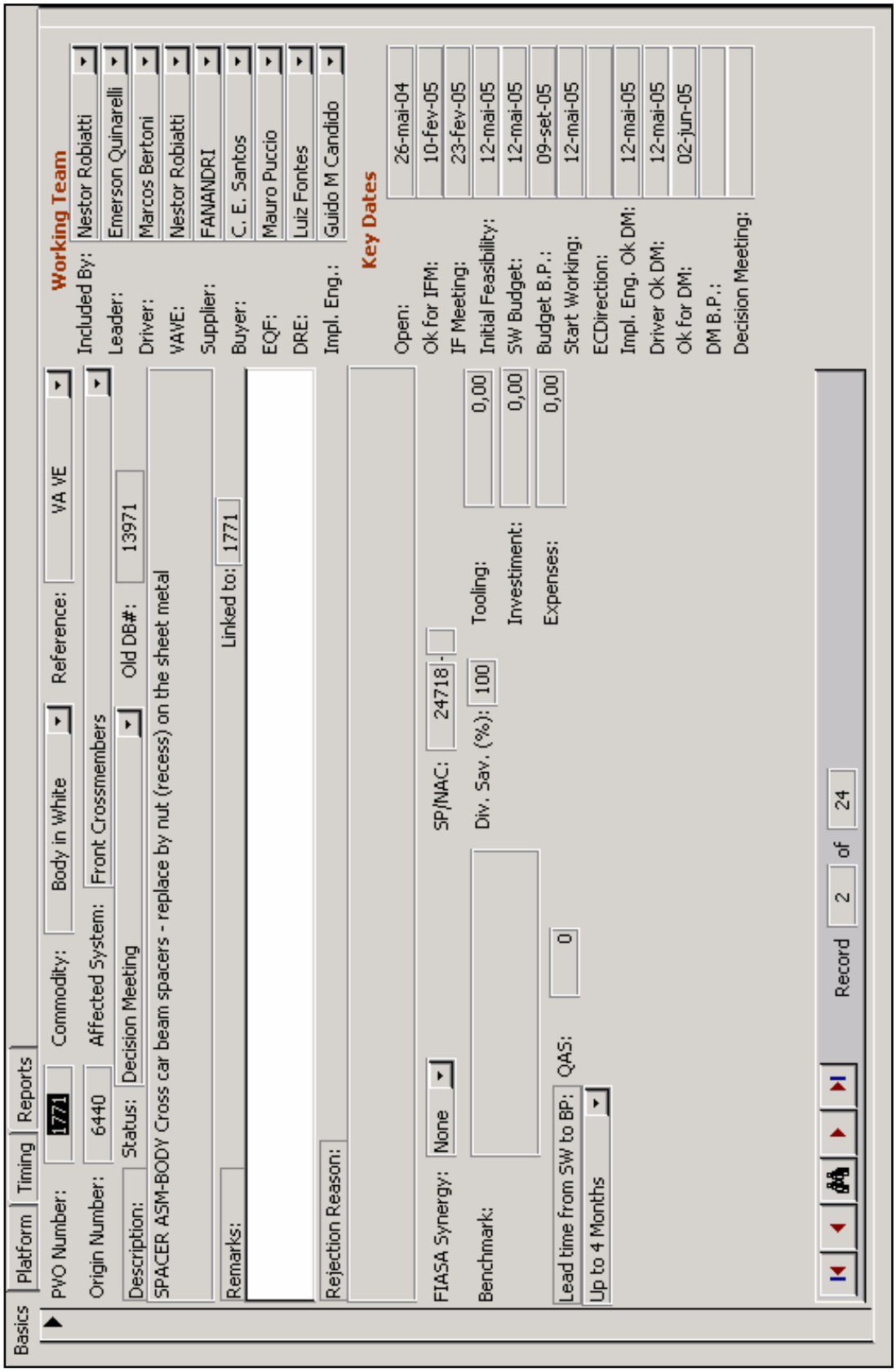
SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 1997.

SILVA, C. Automóveis cada dia mais brasileiros. **O Estado de São Paulo**, 15 fev. 2004. Economia, p. B7.

VALERI, S.G.; ALLIPRANDINI, D.H.; ROZENFELD, H. **Análise do processo de desenvolvimento de produtos de uma indústria do setor automobilístico**. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO. São Carlos: 2000.

VENTURA, V. P.; VARIN, V. **Development / process and cost reduction tool application to optimize variable cost on vehicles.** In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO DE TECNOLOGIA DA MOBILIDADE, 11., São Paulo, 2002. SAE Brasil 2002. São Paulo: SAE, 2002 (Paper SAE 2002-01-3448).

ANEXO A – Exemplo do banco de dados de propostas da EOVP



Basics | Platform | Timing | Reports

PVO Number: 1771

Proposal Description: SPACER ASM-BODY Cross car beam spacers - replace by nut (recess) on the sheet metal

Forecast BP: 07-jan-06

Record: 2 of 24

User	Action Summary / Department / Phase	Start-A / End - A
Ednilson Rabiço	Avaliar impacto em sua respe	23-fev-05
	Marketing	12-mai-05
	Initial Feasibility	
Ednilson Rabiço	Avaliar impacto em sua respe	23-fev-05
	Design	12-mai-05
	Initial Feasibility	
Ednilson Rabiço	Avaliar impacto em sua respe	23-fev-05
	Quality	12-mai-05
	Initial Feasibility	
Ednilson Rabiço	Avaliar impacto em sua respe	23-fev-05
	Manufacturing Eng'g	18-abr-05
	Initial Feasibility	
Ednilson Rabiço	Avaliar impacto em sua respe	23-fev-05
	P&A	12-mai-05
	Initial Feasibility	

Legend for Start and End dates:

Action on time | Action late with new plan

Action Closed | Action late without new plan

Action Summary: Avaliar impacto em sua respectiva área

Department: Marketing

Responsible: Claudemir A. Calca

Remarks: Não afeta

Start - S	23-fev-05	End - S	16-mar-05
Start - A	23-fev-05	End - A	12-mai-05
Start - OK	☑	End - OK	☑
Phase	Initial Feasibility	Critical	☐

Action Status

Status Date	Status
23-jun-05	

Action Documents

Document Type	Document	Remarks

Basics | Platform | Timing | Reports

PVO Number: 1771

Proposal Description: SPACER ASM-BODY Cross car beam spacers - replace by nut (recess) on the sheet metal

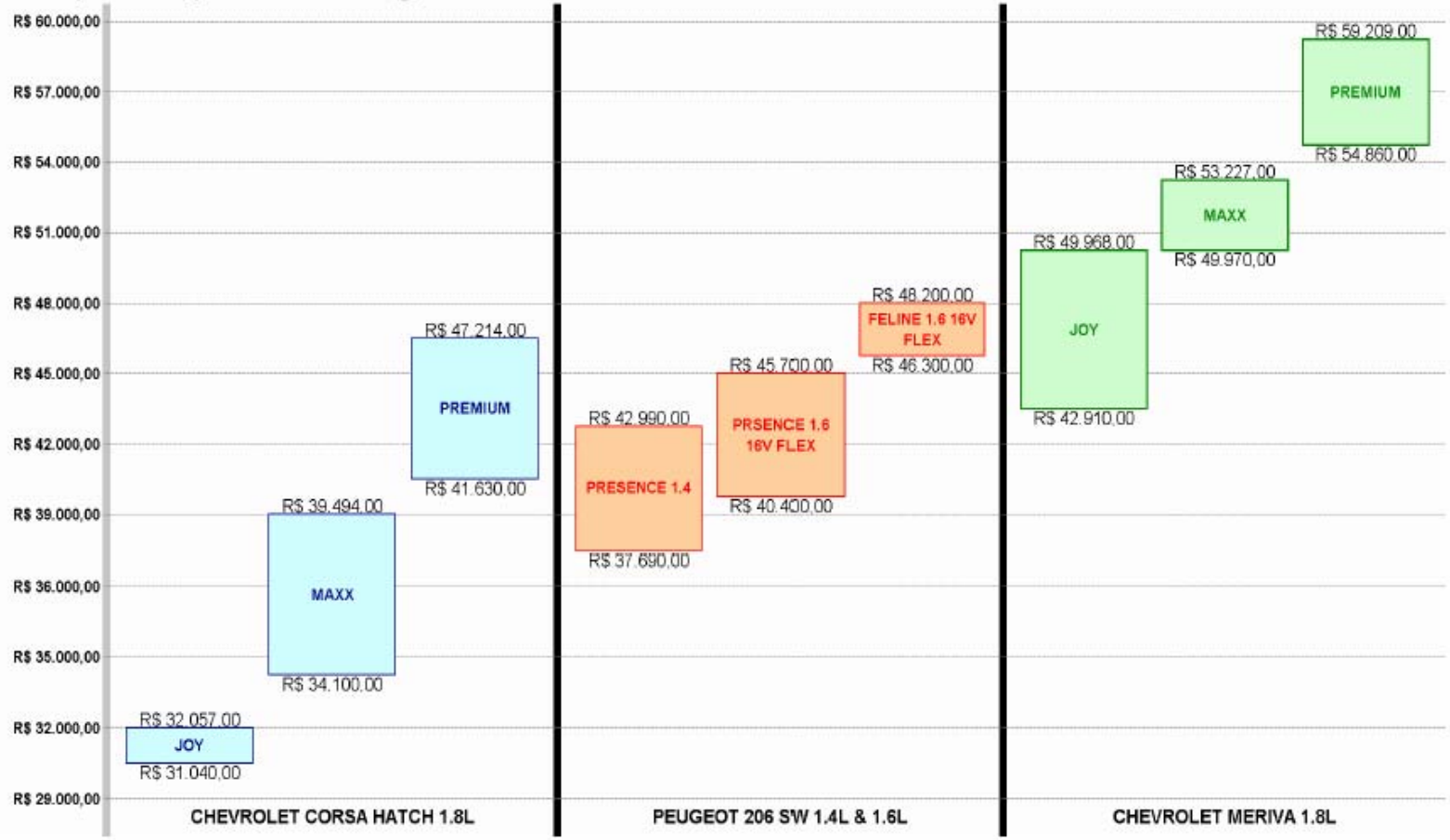
Forecast BP: 09-set-05

Record: 2 of 24

Platform	ATL (R$)	Annual Saving (R$)	Saving p/ Vehicle	Customer Perception	Confidence Level	Proliferation	Real B. P.	Considered Volume
ASTRA					Low	Not Affected		29.939
MERIVA								35.372
ZAFIRA								13.048

ANEXO B – Exemplos de comparativos de veículos e componentes

List price positioning



Remarks: Color type was not considered in the above prices. Peugeot offers power steering, power front windows, power door lock and steering wheel height adjustment as standard items for all versions.

Source : Automakers websites_Jun,05

Highlights PEUGEOT 206 SW

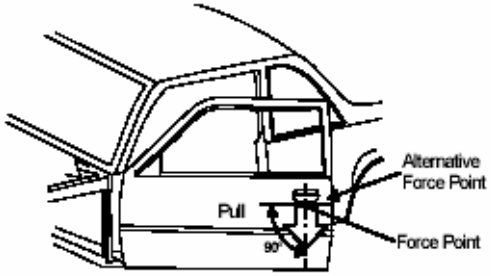
STRENGHTS

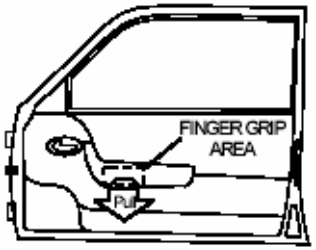
- Flip-up rear glass;
- Automatic headlamp turn on;
- Power steering available as standard item for all versions;
- Driver seat with height adjustment as standard item for all versions;
- Power door lock as standard item for all versions;
- Steering wheel height adjustment as standard item for all versions;
- Rear Disk brake for 1.6L engine versions (Presence and Feline).

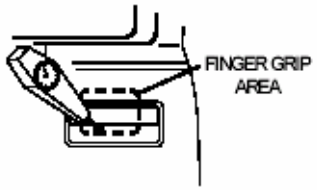
- ABS system not available;
- Power window switches on central console;
- Express up and down window not available for passenger windows (only driver express down);
- Rear door handles on the column C (door panel);

WEAKNESSES

Door Effort analysis





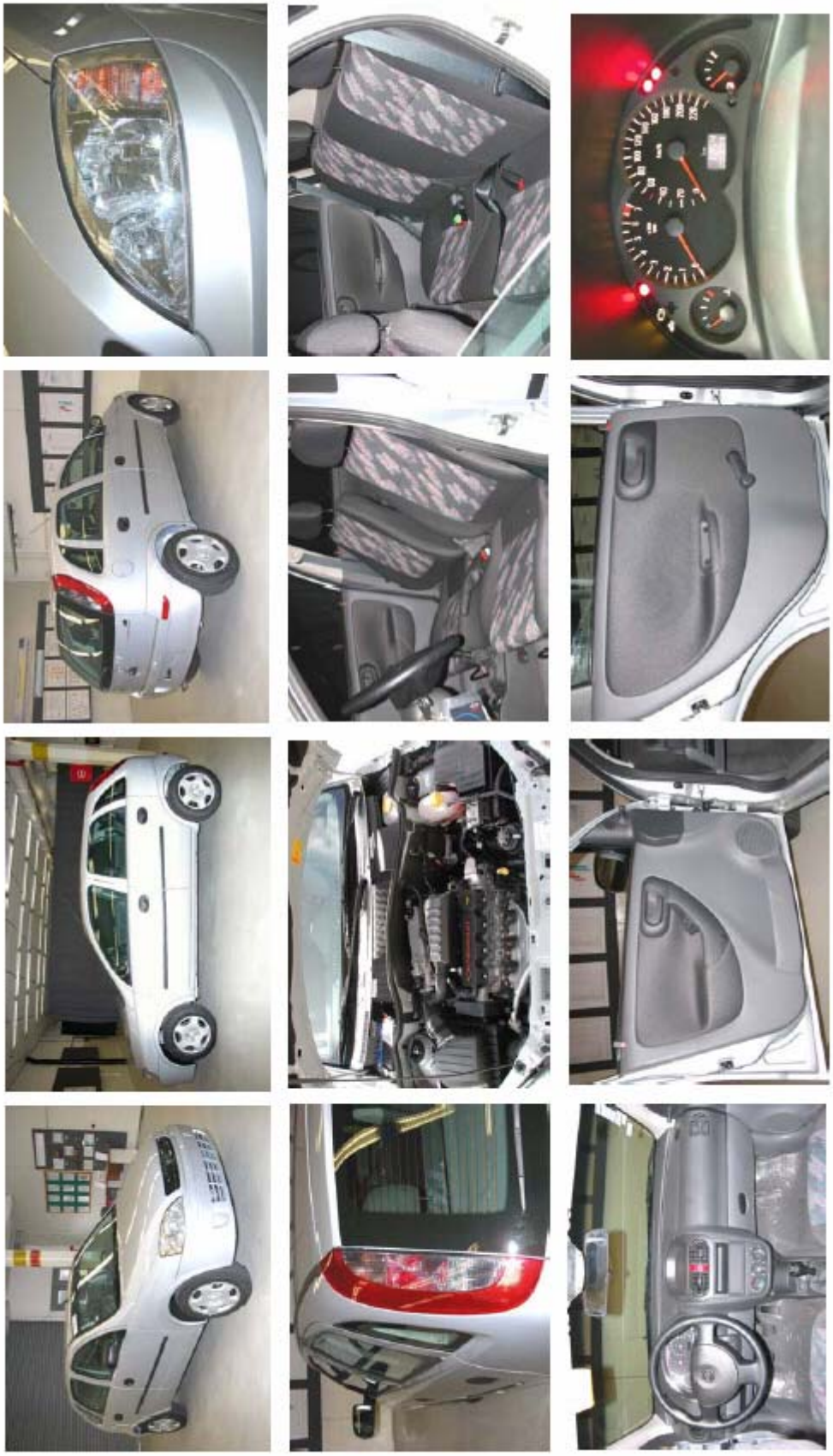


Item			CHEVROLET CORSA (Kgf)	PEUGEOT * 206 SW (Kgf)	CHEVROLET MERIVA (Kgf)
Front	left	Door closing effort	8,00	9,50	6,00
		Door handle opening effort	3,22	7,35	2,98
		1st stage opening effort	3,63	3,48	3,40
		2nd stage opening effort	3,20	4,50	4,29
		3nd stage opening effort	2,69	NAI	4,54
	right	Door closing effort	9,00	10,00	6,00
		Door handle opening effort	3,39	6,40	2,93
		1st stage opening effort	3,93	3,38	3,75
		2nd stage opening effort	3,30	4,40	4,23
		3nd stage opening effort	2,98	NAI	4,55
Rear	left	Door closing effort	9,00	7,50	6,00
		Door handle opening effort	3,52	7,30	3,14
		1st stage opening effort	3,58	1,86	2,96
		2nd stage opening effort	3,40	2,72	5,21
		3nd stage opening effort	0,00	NAI	NAI
	right	Door closing effort	9,50	13,00	5,00
		Door handle opening effort	3,26	7,20	2,96
		1st stage opening effort	3,46	2,03	2,90
		2nd stage opening effort	3,40	2,84	4,77
		3nd stage opening effort	NAI	NAI	NAI
Other		Tail gate opening effort (handle)	5,10	8,64	4,53
		Tail gate closing effort	NAI	NAI	NAI
		Hood opening effort	9,27	7,10	8,47
		Hood closing effort	NAI	NAI	NAI

* Peugeot 206 SW with 6.594 km

Remarks: Meriva has better closing and handle opening efforts compared to Corsa and Peugeot 206. SW. The worst results were found on door handle opening effort in the Peugeot 206 SW.

Chevrolet Corsa 1.8 Photo Gallery



Peugeot 206 SW Photo Gallery

Chevrolet Meriva Photo Gallery

QUALITY IMPROVEMENT THROUGH COMPETITOR ANALYSIS GLOVE BOX COVER

April 2004

QUALITY IMPROVEMENT THROUGH COMPETITOR ANALYSIS

System	GLOVE BOX COVER	Platform	ASTRA	Issue	NOISY
Competitor 1	FIAT STILO	Competitor 2	TOYOTA COROLLA	Competitor 3	
Main Strenghts	GLOVE BOX WITH SMOOTH OPENING MOVEMENT	Main Strenghts	SIMPLE, LIGHT AND LITTLE AMOUNT OF PARTS	Main Strenghts	
Main Weaknesses	BIGGER AMOUNT OF PARTS	Main Weaknesse	HIGH COST OF THE COMPONENTS	Main Weaknesses	

GM Astra

Smooth glove box limiter

Glove Box

Small and hard rubber stop

Fiat Stilo

Toothed glove box limiter

Glove Box

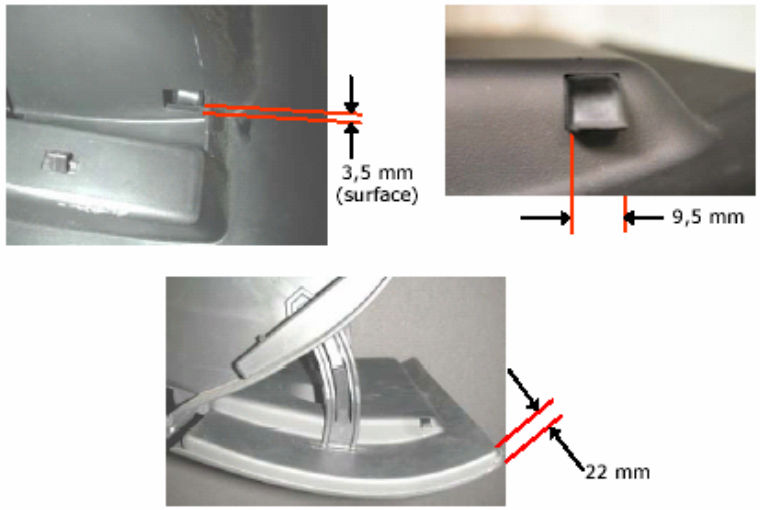
Soft and bigger rubber stop

Recomendation
Improve the size of rubber stops as well as the reduction of it´s density (make it softer).

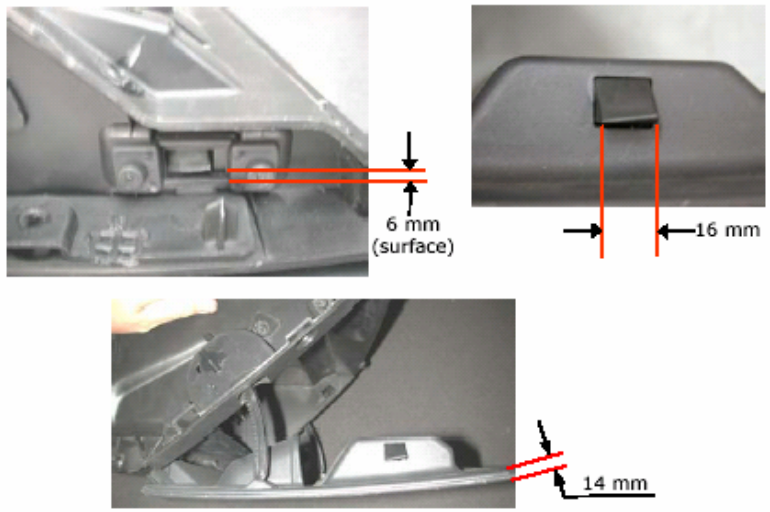
QUALITY IMPROVEMENT THROUGH COMPETITOR ANALYSIS

System	GLOVE BOX COVER	Platform	ASTRA	Issue	UNLOCKED INVOLUNTARY
Competitor 1	FIAT STILO	Competitor 2	TOYOTA COROLLA	Competitor 3	
Main Strenghts	GLOVE BOX WITH SMOOTH OPENING MOVEMENT	Main Strenghts	SIMPLE, LIGHT AND FEW AMOUNT OF PARTS	Main Strenghts	
Main Weaknesses	BIGGER AMOUNT OF PARTS	Main Weaknesse	HIGH COST OF THE COMPONENTS	Main Weaknesses	

GM Astra



Fiat Stilo



Recomendation
Increase the contact area of the constraint in the side wall of the box. Increase the load spring of the constraint/door handle.

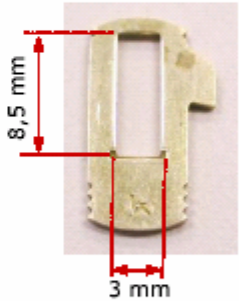
QUALITY IMPROVEMENT THROUGH COMPETITOR ANALYSIS KEY CYLINDER

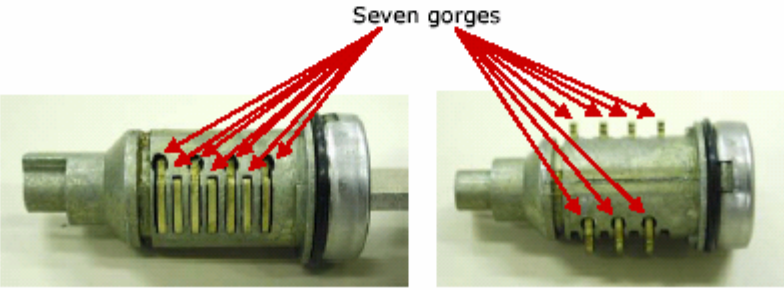
February 2005

Platform	GM CELTA	System	KEY CYLINDER	Issue	DIFFICULTY OF KEY INSERTION

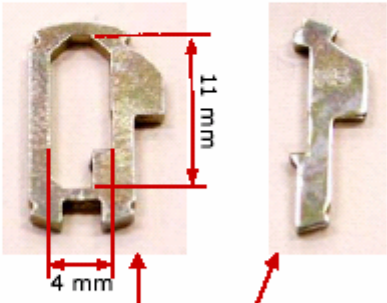
Competitor 1	HONDA FIT	Competitor 2	FORD ECOSPORT	Competitor 3
Strenghts	Key with central guide	Strenghts	Small Key	Strenghts
Weaknesses	Only five gorges	Weaknesses	Not commonized gorges	Weaknesses

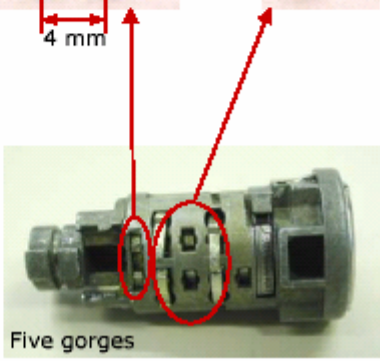
GM CELTA





HONDA FIT

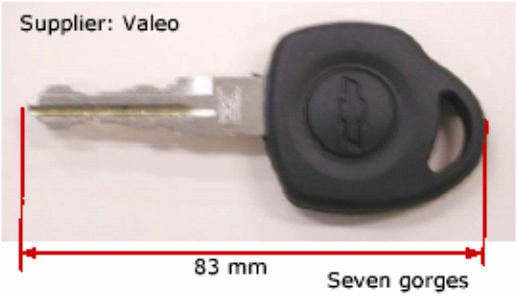


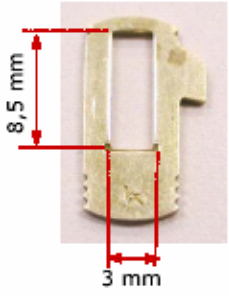


Platform	GM CELTA	System	KEY CYLINDER	Issue	DIFFICULTY OF KEY INSERTION

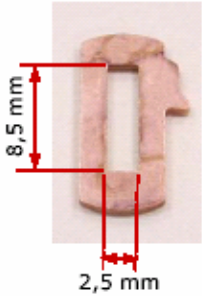
Competitor 1	HONDA FIT	Competitor 2	FORD ECOSPORT	Competitor 3
Strenghts	Key with central guide	Strenghts	Small Key	Strenghts
Weaknesses	Only five gorges	Weaknesses	Not commonized gorges	Weaknesses

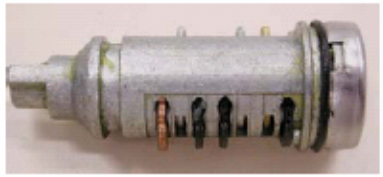
GM CELTA





FORD ECOSPORT





Recomendation

- Insert a central guide in the key.
- Develop a new key cylinder with less gorges (less insertion effort).