

ALEXANDRE GOMES PRATTI

PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO
DE PRODUTOS APLICANDO A ENGENHARIA DO VALOR PARA
OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS AUTOMOTIVOS.

São Paulo
2007



ALEXANDRE GOMES PRATTI

PARA CÓPIAS, CONSULTAR A EDIÇÃO REVISADA :

FMP- 133

Ed. rev.

**PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO
DE PRODUTOS APLICANDO A ENGENHARIA DO VALOR PARA
OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS AUTOMOTIVOS.**

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

Área de Concentração: Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Marcelo Massarani

São Paulo
2007

RESUMO

O objetivo desse trabalho é apresentar a aplicação de uma metodologia capaz de reduzir custos de produtos na fase conceitual de um desenvolvimento, através de um processo que estimule a criatividade do time de desenvolvimento. Através do estudo do processo de desenvolvimento de produtos existentes numa empresa do setor automobilístico, verificou-se a oportunidade de melhorias aplicando a Análise do Valor/ Engenharia do Valor no desenvolvimento de novas peças veiculares. Pretende-se criar um processo de desenvolvimento que permita obter a redução de custo de materiais, redução de custo de fabricação, minimização de funções indesejáveis, eliminação de funções irrelevantes do produto, melhorando seu valor. Para isso foram realizados estudos de casos reais com peças do sistema térmico automotivo. O estudo de caso ofereceu um resultado de 4,5% de redução de custo em um subconjunto de peças automotivas.

Palavras-chave: Engenharia do Valor. Redução de custo. Desenvolvimento de produtos. Indústria automobilística.

ABSTRACT

The objective of this job is to present the application of a methodology capable to reduce product costs in the concept development phase, through a process that stimulates the development team creativity. Through the study of the product development process existent in a automaker company, the opportunity of improvements was verified by applying the Value Analysis/ Value Engineering in the new vehicle parts development. Its intended to create a development process that allow to get a material cost reduction, manufacturing cost reduction, undesirable part functions minimization and elimination of irrelevant products functions, improving the value. For that, a real cases study with vehicle thermal system parts was performed. The case study provide 4.5% savings results in the vehicle sub system.

Keywords: Value Engineering. Cost reduction. Products development. Automotive industry

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Vantagem competitiva das empresas.

Figura 2- Tripé da AV/EV.

Figura 3- Sete fases para o desenvolvimento de um projeto.

Figura 4- Estrutura cronológica para desenvolvimento de veículos.

Figura 5- Fluxograma da fase conceitual de desenvolvimento de produtos na empresa estudada.

Figura 6- Ciclo projeto- construção- teste na resolução de problemas.

Figura 7- Os sete fatores importantes para ação de redução de custo.

Figura 8- Plano de trabalho AV/EV segundo .

Figura 9- Proposta de fluxo de processo de desenvolvimento considerando a aplicação da metodologia AV/EV.

Figura 10- Proposta da aplicação da AV/EV na estrutura cronológica do desenvolvimento de veículos.

Figura 11- Curvas evolução de custos no desenvolvimento.

Figura 12- Habilidade de influência nos resultados do projeto.

Figura 13- Sistema térmico veicular.

Figura 14- Subsistema Linha de ar condicionado automotivo.

Figura 15- Esboço das alternativas geradas.

LISTA DE ABREVEATURA E SIGLAS

3D	Três dimensões
ABEAV	Associação Brasileira de Engenharia e Análise do Valor
AC	Ar condicionado
AV/EV	Análise do Valor/ Engenharia do Valor
CAD	Computer Aid Drawing
CAE	Computer Aid Engineering
CAM	Computer Aid Manufacturing
CIP	Companhia Industrial Palmeiras
EUA	Estados Unidos da América
EV	Engenharia do Valor
G4	Procedimento de teste veicular
HVAC&PTC	Heating Ventilation Air Conditioning & Powertrain Cooling
IP	Instrument Panel
ONGS	Organizações não governamentais
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
PVO	Product Value Optimization
SAVE	Society Analysis Value Engineering
UM	Unidades Monetárias
WOT	With Open Throttle

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	3
1.1	Apresentação do trabalho.....	3
1.2	A importância do custo no desenvolvimento veicular.....	5
1.3	A importância do desempenho do produto.....	7
1.3.1	Otimização do valor de um produto.....	7
1.3.2	Aplicação de otimização na Engenharia.....	9
1.4	A evolução do desenvolvimento de produtos.....	9
1.4.1	Os desafios do desenvolvimento automotivo.....	10
1.4.2	Estratégia de reuso no desenvolvimento de produtos.....	10
1.5	Princípios da AV/EV.....	12
1.6	A evolução da AV/EV.....	16
2	O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	19
2.1	Características de desenvolvimento de um produto.....	19
2.1.1	Estrutura de um projeto de desenvolvimento de produtos.....	20
2.1.2	Estudo de viabilidade.....	22
2.1.3	Projeto básico.....	23
2.2	Estrutura cronológica de desenvolvimento de veículos.....	24
2.2.1	Desenvolvimento do plano de “portifólio”.....	25
2.2.2	Processo avançado de desenvolvimento de veículos.....	25
2.2.3	Processo global de desenvolvimento de veículos.....	25
2.3	Processo atual de avaliação de Valor no desenvolvimento.....	26
2.3.1	Avaliação do custo do produto.....	27
2.3.2	Avaliação do desempenho do produto.....	27
2.4	Documento de gerenciamento de custos.....	30
2.5	Análise de Valor com o documento de gerenciamento de custos.....	30
3	SOLUÇÃO PROPOSTA PARA A EMPRESA.....	33
3.1	O cenário atual da empresa estudada.....	33
3.2	AV/EV como ferramenta.....	33
3.3	As fases da AV/EV.....	39
3.3.1	Formação do time AV/EV.....	40
3.3.2	Lista de funções inicial.....	41
3.3.3	Lista de funções simplificada.....	43
3.3.4	Uso da criatividade.....	46
3.3.5	Avaliação técnica das alternativas.....	51
3.3.6	Avaliação financeira das alternativas.....	53
3.3.7	Tabela custo por função.....	54
3.3.8	Fase de Implementação.....	55
4	IMPLEMENTAÇÃO DA AV/EV NO PDP.....	57
4.1	Treinamento do time.....	57
4.2	Momento ideal para a aplicação da AV/EV no processo.....	57
4.3	Máscara proposta para a empresa estudada.....	59
4.4	Ações demandada para a implementação.....	60

4.5	Realização de piloto na empresa estudada	60
5	CONCLUSÕES E DISCUSSÃO	61
6	ANEXOS	63
6.1	Entrevista na área de Otimização do Valor do Produto (PVO).....	63
6.2	Estudo de caso- Aplicação da AV/EV para otimização da Linha de AC.....	66
6.2.1	Lista de funções inicial da Linha AC	69
6.2.2	Lista de funções simplificada da Linha AC	71
6.2.3	Geração de idéias Linha AC.....	72
6.2.4	Análise técnica Linha AC.....	75
6.2.5	Análise financeira das propostas da Linha AC.....	76
6.2.6	Tabela custo por função Linha AC.....	77
6.2.7	Recomendação AV/EV da Linha AC	77
7	LISTA DE REFERÊNCIAS.....	79
7.1	Referências aplicadas	79
7.2	Referências complementares	81

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do trabalho.

Este trabalho tem por objetivo apresentar a importância da aplicação da metodologia de redução de custo no Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) na indústria automotiva. Visa identificar os fatores que impedem a aplicação da Análise do Valor/ Engenharia do Valor (AV/EV) no PDP. Atualmente a AV/EV não é aplicada na empresa estudada.

O embasamento técnico bem como o problema da empresa estudada será abordado nos capítulos 1 e 2. A solução será abordada no capítulo 3. A proposta de implementação na empresa estudada será apresentada no capítulo 4 e os resultados e conclusões no capítulo 5.

A indústria automotiva investe no desenvolvimento de seus produtos buscando melhorias no processo desenvolvimento e nas formas de produção. Além disso, objetiva a redução de custos e principalmente do prazo de desenvolvimento. Apesar dos orçamentos enxutos, o projeto de um produto precisa ser desenvolvido com qualidade, para que o resultado final do produto esteja dentro do esperado. Isso motivou a escolha do tema deste trabalho.

Um quadro comparativo é elaborado com o propósito de facilitar a escolha da melhor metodologia de redução de custos a ser aplicada e de acordo com a necessidade das avaliações preliminares da engenharia de produtos, a melhor metodologia será indicada. Os resultados aqui apresentados também são úteis para outros ramos da indústria. Este trabalho apresenta também os principais motivos da necessidade da utilização de da Engenharia do Valor/ Análise do Valor durante o PDP e uma análise comparativa entre aplicar e não aplicar a metodologia. Os benefícios da aplicação da AV/EV serão apresentados. As técnicas de redução de custo são abordadas de forma prática e simplificada, mostrando uma relação comparativa entre as principais técnicas disponíveis no Brasil.

Esse trabalho tem por objeto o Processo de desenvolvimento automotivo na fase conceitual com enfoque no valor do produto. Composto por várias fases, o processo de desenvolvimento de produtos envolve diversas áreas dentro de uma empresa. Por isso não seria possível explorar todas as fases do PDP sem distorcer o assunto principal. Sendo assim, esse estudo aborda somente o PDP na fase conceitual. Esse estudo foi realizado em 2007 numa empresa automobilística de grande porte localizada no estado de São Paulo- SP- Brasil e com sede nos Estados Unidos.

O problema ocorre no processo de desenvolvimento de novos produtos na empresa estudada, que não trabalha de forma sistematizada a criatividade do time de desenvolvimento. A forte disputa entre as empresas pelo aumento de participação no mercado demanda o lançamento de produtos com custo reduzido. A seguir são apresentados alguns fatores que podem comprometer o sucesso de um produto:

- A necessidade de otimização do produto pós lançamento;
- O desenvolvimento de componentes irrelevantes, ou seja, sem função encontrada;
- A estratégia de reuso de componentes existentes em novos projetos pode limitar as oportunidades de redução de custo que poderiam ser incorporadas através do desenvolvimento de novos componentes;
- Proliferação de peças na fábrica.

Como conclusão, este trabalho apresenta a importância das técnicas de criatividade. Propõe a aplicação da AV/EV e explica como a sua aplicação no PDP será revertida na forma de redução de custo do produto e a garantia de cumprimento dos prazos de desenvolvimento. Ganhos no custo final do produto também serão obtidos devido à oportunidade de melhoria no projeto proporcionado por esta proposta.

1.2 A importância do custo no desenvolvimento veicular.

A importância de se desenvolver produtos de qualidade, mas também com custo e funcionalidade adequados às necessidades do usuário. Essas três características relacionadas ao produto, denominado como “tripé de sobrevivência” por COOPER e SLAGMULDER (1997), relacionam-se como uma regra para o sucesso das empresas, que devem buscar o equilíbrio desse tripé de acordo com o mercado-alvo e a estratégia da empresa.

Tal problema representa um custo maior para a empresa estudada, por exemplo, mais gastos com materiais. Para uma empresa possuir a vantagem competitiva é preciso possuir liderança de custos e diferenciação. PORTER (1985).

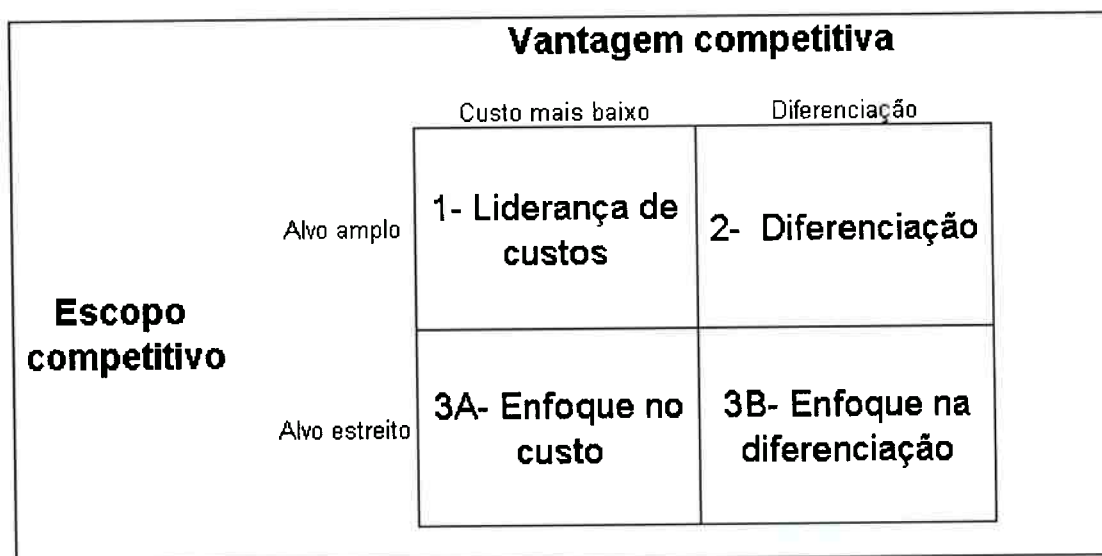


Figura 1- Vantagem competitiva das empresas. PORTER (1985)

A liderança de preços dominante ocorre: quando uma empresa realmente domina as demais, devido ao seu porte maior; principalmente por possuir custos mais baixos; por sua agressividade no mercado, ou por uma combinação desses três elementos. BRUNSTEIN (2005).

Numa empresa de grande porte, torna-se difícil visualizar os pontos fracos de seus processos internos devido à alta complexidade. No processo de desenvolvimento de novos produtos da empresa estudada não é diferente.

Assim, muitos conceitos, métodos e técnicas surgiram de modo a tornar mais eficiente o processo de desenvolvimento de produtos. Porém sua aplicação muitas vezes é feita de maneira isolada e não coordenada, ou seja, sem um modelo definido que permita à equipe de desenvolvimento situar-se seguramente no que se refere à gestão de custos e ao impacto de suas decisões no custo final do produto. IBUSUKI (2003). Na secção *Processo atual de avaliação de valor no desenvolvimento* encontra-se o detalhamento do problema.

A justificativa para esse estudo é que a rápida mudança de mercado requer inovação por parte das empresas, para que possam se manter competitivas num cenário de crescente competitividade internacional. Sendo assim, não se pode permitir que atividade de otimização do valor do produto ocorra somente após o lançamento dos produtos no mercado. É necessário que ocorra antes, no desenvolvimento, momento crucial para definição de viabilidade de um projeto. Uma vez que a preocupação principal do planejamento de custo da Toyota era no projeto, o planejamento de custo foi efetivamente finalizado quando o projeto entrou no estágio de produção em massa. COOPER e SLAGMULDER (1997).

Segundo COOPER e SLAGMULDER (1997) se a Toyota faz uma coisa melhor que outros fabricantes de automóveis, é o gerenciamento de custos. Depois de ganhar uma reputação de qualidade e economia de combustível em modelos econômicos, “nos movemos com sucesso para os modelos “top” de linha, como a linha do Lexus”. Mas nos ainda estamos orgulhosos pela competitividade de nossos produtos. A história da Toyota é uma história de incessante esforço para reduzir custos. O ponto essencial foi que o objetivo de custo no planejamento de custo e o custo padrão para produção em massa eram tratados como padrões e funções diferentes.

1.3 A importância do desempenho do produto

Há alguns anos o cliente se baseava nos seguintes fatores para a escolha de um automóvel no ato da compra, na seqüência:

- Aparência;
- Segurança;
- Conforto.

Atualmente com a prática do "Test Drive" o cliente não se comporta apenas de acordo com essa seqüência de fatores. O cliente busca satisfazer suas necessidades de desempenho.

1.3.1 Otimização do valor de um produto

Segundo REKLAITIS (1983), a teoria de otimização do produto é um corpo de resultados matemáticos e métodos numéricos para encontrar e identificar o melhor candidato de uma coleção de alternativas sem ter que explicitamente enumerar e avaliar todas as alternativas possíveis. O processo de otimização está na raiz da Engenharia, uma vez que a função clássica do engenheiro é projetar sistemas novos, melhores, mais eficientes e menos caros. Além de isso apoiar plano e procedimentos para melhorar produtos existentes.

De acordo com REKLAITIS (1983), para se aplicar a otimização é necessário estabelecer delimitações do sistema a ser otimizado, para se definir um critério quantitativo na base que os candidatos serão priorizados para se determinar o "melhor", selecionar as variáveis do sistema que serão usadas para caracterizar ou identificar candidatos, e definir um modelo que expressará a maneira que as variáveis serão relacionadas. Esta atividade constitui um processo de formulação do problema de otimização de engenharia. Uma boa formulação do problema de engenharia é a

chave para o sucesso de um estudo de otimização e é um grande grau de estado da arte. É o aprendizado através da aplicação de práticas de sucesso e é baseado no conhecimento das forças, fraquezas e peculiaridades de técnicas providas pela teoria de otimização. Além disso, a otimização pode apresentar vantagens e desvantagem, e sempre que possível deve ser baseada em citação de resultados de testes computacionais.

É extremamente importante definir claramente as fronteiras do sistema em investigação. Nesse contexto o sistema é a porção restringida do universo em consideração. Os sistemas de fronteiras são simplesmente os limites que separam o sistema estudado do restante do universo. Ele serve para isolar o sistema de sua vizinhança, porque, para propósitos de análise, toda interação entre o sistema e a sua vizinhança são assumido estar congelado em um nível representativo selecionado. No entanto, se interações existirem, o ato de definição das fronteiras é o primeiro passo no processo de aproximação do sistema real.

Feito a definição das fronteiras, o próximo passo é selecionar o critério em que base de desempenho ou projeto do sistema pode ser avaliada. Então o melhor projeto ou conjunto de condições de operação podem ser identificados. Em muitas aplicações de engenharia um critério econômico é selecionado. Entretanto, existe uma escolha considerável numa definição precisa tal como um critério: custo total de capital, custo anual, lucro de rede anual, retorno no investimento, taxa custo de valor presente. Em outras aplicações um critério pode envolver algum fator tecnológico, por exemplo, tempo mínimo de produção, máxima taxa de produção, energia mínima utilizada, máximo torque, máximo peso, e assim por diante. Indiferentemente do critério selecionado, no contexto de otimização o melhor sempre significará o sistema candidato que ofereça ou mínimo ou máximo valor de índice de desempenho.

Ainda segundo REKLAITIS (1983), o problema satisfatório para a aplicação da metodologia de otimização consiste na medição de um desempenho, um conjunto de variáveis independentes e um modelo relacionando às variáveis. Dado esse conjunto de variáveis independentes, é evidente que o método de otimização

pode ser usado em uma grande variedade de aplicações. Na verdade, são aplicados em projeto de componentes mecânicos ou elétricos.

1.3.2 Aplicação de otimização na Engenharia

Segundo REKLAITIS (1983), a teoria de otimização encontra aplicações prontas em todas as ramificações da engenharia nas quatro áreas primárias:

- Projetos de componentes de sistemas inteiros;
- Planejamento e análise de operações existentes;
- Engenharia de análise e redução de dados;
- Controle e sistemas dinâmicos.

O controle de sistemas dinâmicos é uma área importante na qual a metodologia discutida é aplicável, mas que requer a consideração de tópicos especializados. Considerando a aplicação do método de otimização em projetos e operações, mantém em mente que o passo de otimização é mais um passo no processo de chegada de um projeto ótimo ou uma operação eficiente. Geralmente, o processo geral, consistirá de um ciclo interativo envolvendo sínteses ou definição de estrutura de um sistema, formulação de modelo, otimização de parâmetro de modelo, e análise da solução resultante. O projeto ótimo final ou novo plano de operação será obtido depois de resolver uma série de problemas de otimização, a solução de cada um servirá para gerar novas idéias para sistemas de estruturas adicionais. A teoria de otimização é uma ferramenta muito poderosa, mas para ser efetiva precisa ser usada com bom senso por um engenheiro que conheça todo o sistema em estudo.

1.4 A evolução do desenvolvimento de produtos

1.4.1 Os desafios do desenvolvimento automotivo

A globalização trás a necessidade de compartilhar as atividades de desenvolvimento de produtos em mercados diferenciados.

A indústria automobilística brasileira vem trabalhando para aumentar a participação global em novos projetos. Grande parte dos produtos produzidos em países emergentes é baseada em plataformas provenientes de outros países desenvolvidos. Talvez isso ocorra devido a existir ainda uma baixa demanda de automóveis em países emergentes, 11% do total da demanda mundial. Porém a previsão é que esse mercado cresça aceleradamente até 2015. PIMENTA; MEYER e PADUAN (2006). A plataforma é a arquitetura do veículo, ou seja, as peças que o cliente não vê. Tal estratégia se deve ao alto custo necessário para desenvolver uma nova plataforma veicular. Por isso se compartilha plataformas globalmente. Existe uma forte tendência na indústria automobilística de compartilhar outras peças além da plataforma e arquitetura elétrica, visando reduzir os gastos. Contudo a indústria automobilística brasileira encontra várias barreiras para aplicar essa estratégia. A principal delas é a diferença entre o nível de exigência de diferentes mercados. Existem também diferenças entre normas, legislação governamental, condições climáticas e diferenças tecnológicas. Enquanto as empresas de países de primeiro mundo aumentam o valor do produto, seus veículos, as empresas de países emergentes otimizam o valor do produto para reduzir os custos e as vezes eliminam funções que não agregam valor significativo para o cliente.

Numa época globalizada, é preciso que os Engenheiros troquem conhecimento para convergir na criação de produtos. Porém é necessário balancear as diferenças entre os mercados, encarar os desafios, e selecionar cuidadosamente as peças que são similares e que podem ser compartilhadas globalmente.

1.4.2 Estratégia de reuso no desenvolvimento de produtos

A empresa tipicamente inovadora tem procurado elevar seu nível de competitividade, aprimorando a qualidade dos seus produtos e serviços, reduzindo custos e orientando-se para as necessidades dos consumidores. COSTA (1998).

A seguir são apresentados os tipos de custos associados a um programa de desenvolvimento veicular:

- Materiais;
- Investimentos;
- Gastos de Engenharia;
- Gastos de Manufatura;
- Embalagem;
- Logístico;
- Garantia.

A estratégia de reuso incentiva a aplicação da mesma peça em várias aplicações diferentes, se mostrando interessante a primeira vista para economia de custos. Tal estratégia estuda a aplicabilidade de sistemas ou componentes já existentes em novos projetos, e traz vantagens e desvantagens.

As vantagens da estratégia de reuso são:

- Diminuição de investimentos para o desenvolvimento de ferramental;

- Redução dos recursos humanos necessário para o desenvolvimento;
- A aplicação em diversos produtos possibilita o aumento da demanda de uma determinada peça, reduzindo o seu custo unitário;
- Diminuição da proliferação de peças na planta de montagem, e conseqüentemente o custo logístico é menor.
- Redução de gastos de Engenharia.

As desvantagens da estratégia de reuso são:

- Limitação da capacidade de criatividade do time para o desenvolvimento de novas peças com o custo reduzido;
- Limitação no advento de inovações tecnológicas;
- Como se trata de um componente comum para diversas aplicações, os diferentes requerimentos entre mercados podem penalizar o custo para os mercados menos exigentes, como por exemplo, os mercados emergentes.

1.5 Princípios da AV/EV

A metodologia básica da AV/EV é alicerçada no tripé representado como Valor, Função e Criatividade. FURLANETTO e MASSARANI (2004).

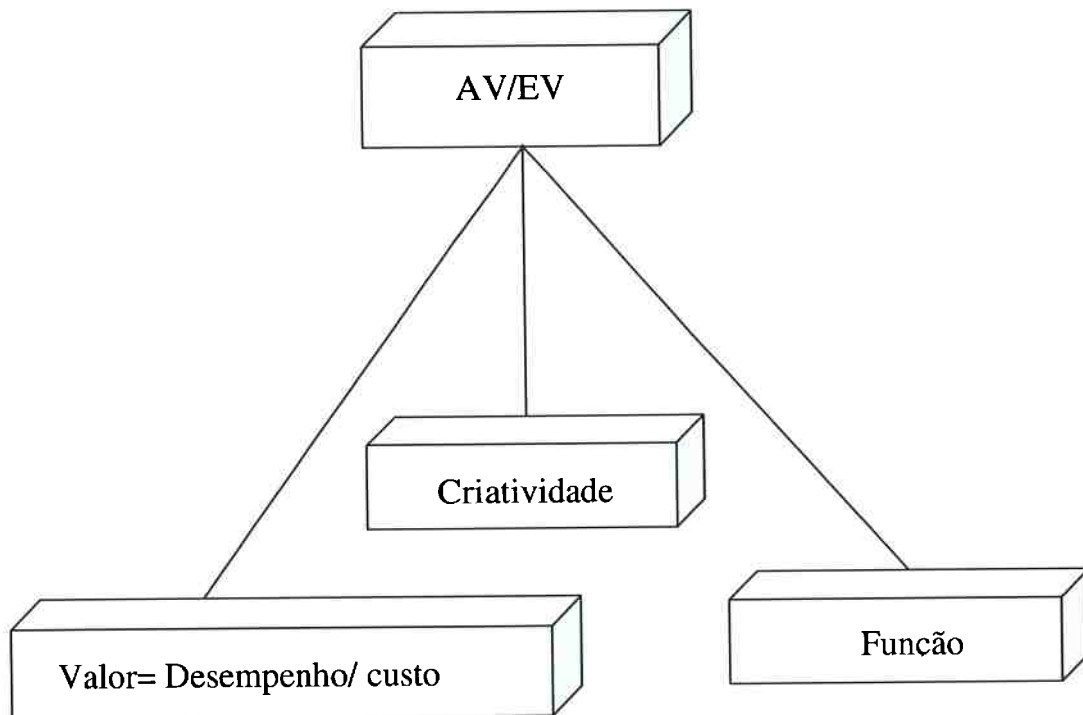


Figura 2- Tripé da AV/EV. FURLANETTO e MASSARANI (2004).

Análise do Valor (AV) e Engenharia do Valor (EV) são metodologias formais voltadas ao estudo e melhoria do valor. Elas definem valor como a taxa da função por custo. Na AV/EV, "máximo valor é alcançado quando a função essencial é obtida por um custo mínimo". SHILLITO e DAVID (1992).

Segundo CSILLAG (1985), a metodologia do valor é um processo de raciocinar utilizando um esforço deliberado de aplicação dos princípios de Análise do Valor, Engenharia do Valor, Controle do Valor e Gerenciamento do Valor. Essas disciplinas têm em comum as seguintes etapas:

- coleta de análise de informações;
- abordagem funcional;
- geração de idéias;
- seleção de idéias;
- desenvolvimento;
- apresentação;
- implementações.

O conjunto de etapas acima constitui um Plano de Trabalho. Com intuito de melhorar a compreensão sobre o assunto, foi feita uma exaustiva pesquisa de Planos de Trabalho, para diferentes finalidades, utilizados em diversos países. Detectou-se a falta de uma normalização e foi verificada a necessidade de sistematização e unificação dos planos de trabalho, com vistas em universalizar um modelo final. O uso de um Plano de Trabalho não garante por si só o sucesso do projeto de AV/EV, pois é necessário também o próprio uso flexível de cada fase, convenientemente CSILLAG (1985).

Vamos supor a avaliação de uma peça automotiva denominada de item. De acordo com COOPER e SLAGMULDER (1997), as cinco perguntas chave da Engenharia do Valor em torno do item são:

- qual o item?
- qual a função?
- quanto custa o item?

- que mais faz a função?

- a que custo?

$$\text{Valor} = \text{Função} / \text{Custo} \quad (1)$$

$$\text{Valor percebido} = \text{Benefício percebido} / \text{Preço} \quad (2)$$

Essencialmente, por um lado, as técnicas usuais de redução de custos são dirigidas a peças, o que normalmente significa alteração de métodos de manufatura, aumentos de tolerâncias, redução de espessura de materiais, o que, sem alterarem o projeto, originam reduções de custo, etc. O preço e o tipo de matéria-prima afetam os custos conjuntos e também podem influenciar em outros tipos de custos, como de mão-de-obra, o uso da maquinaria e o consumo de energia. BRUNSTEIN (2005). Por outro lado, AV/EV é dirigida às funções, resultando em geral em novos projetos que desempenham a mesma função por custos substancialmente menores.

Segundo MILES (1947), a AV/EV gira em torno da variável Valor, que se traduz pela seguinte equação (3):

$$\text{Valor} = \text{Desempenho} / \text{Custo} \quad (3)$$

Onde:

Desempenho= ação (verbo infinitivo)+ função (substantivo)

Custo= Custo de material+ custo de fabricação+ custo logístico.

Note a relação entre custo e desempenho equação (3), e entre custo e valor na equação (5). Se o desempenho for maior, e o custo se mantiver, o Valor será maior. É o caso onde se busca a maximização do valor. Se o desempenho menor e o custo também forem menores, então o Valor se mantém. Com Isso é possível reduzir os custos sem afetar o Valor para o cliente. Na Toyota a engenharia do valor começava com a avaliação de desempenho nos testes de peças. Os projetos eram modificados para dar às peças seu desempenho especificado, nem mais nem menos. Então discussões possibilitavam encontrar maneiras de cortar custos mantendo o desempenho. COOPER e SLAGMULDER (1997).

Grandes corporações multinacionais que usam o conjunto de técnicas relacionadas ao valor para produzir produtos satisfazendo as necessidades do cliente crescem de forma tão poderosa que seus lucros anuais e vendas são maiores que o orçamento o Produto Nacional Bruto de muitas nações. SHILLITO e DAVID (1992).

1.6 A evolução da AV/EV

Segundo CSILLAG (1985), as técnicas de Análise do Valor e de Engenharia do Valor tiveram início durante a última guerra mundial e foram consolidadas efetivamente nos Estados Unidos da América (EUA) entre 1947 e 1952. A procura criativa de soluções para um certo problema possibilita a abertura de novas abordagens e traz também soluções a outros problemas. A principal finalidade era contornar o problema da escassez durante a guerra e, no entanto encontrou-se um grande instrumento de redução de custos. A empresa General Electric, analisando os resultados inesperados, propôs em 1947 Lawrence D. Miles sistematizar essa técnica e então surgiu a Análise do Valor.

Em 1954, a marinha americana (Navy Bureal of Ships) adotou o conceito de Análise do Valor, orientando-se no programa da General Electric Company, e passou a dominar a técnica de Engenharia do Valor, devido ao fato de ser a engenharia a atividade principal do "Bu Ships". Constatada a vantagem da utilização,

essa entidade incluiu cláusulas de Engenharia do Valor em seus contratos com fornecedores, para incentivar a aplicação da metodologia. O seu uso para produtos existentes era chamado de Análise de Valor, enquanto, para produtos novos, de Engenharia do Valor. Apesar das diferentes utilizações, os termos Análise do Valor AV e Engenharia do Valor EV, passaram a serem usados indiferentemente.

As primeiras notícias do uso de AV/EV no Brasil são de Campinas, onde a Companhia Industrial Palmeiras (CIP), posteriormente chamada de Singer do Brasil S.A., promoveu em 1964 um seminário com a participação de um consultor americano.

Em 1971, a Mercedes Benz que dominou essa atividade em sua matriz, introduziu AV/EV em sua fábrica no Brasil, como ainda também a Bendix.

A partir da década de setenta surgiram consultores, cursos para empresas e artigos em revistas Engenharia, Exame e Dirigente Industrial (Ida, 1971; Jacobsen, 1975 e 1979; Exame, 1981, 1983 e 1984). Devido à sua importância foram incluídos alguns capítulos de AV/EV nos programas de certas disciplinas de Engenharia e Administração de Empresas WEIL e CSILLAG (1970).

Em 1975 a Volkswagen do Brasil implantou o sistema seguindo orientação alemã, tendo utilizado uma equipe permanente que se ocupou do assunto em tempo integral, e, além de atacar os problemas internos, executou também trabalhos em fornecedores. Possui um material didático bastante completo (Volkswagen, 1980) baseado na norma DIN 69910 e VDI 2801, que se constitui numa metodologia do sistema americano.

Diversas outras empresas usaram a AV/EV nessa época. Em 1983, iniciaram-se os preparativos para a criação da Associação Brasileira de Engenharia e Análise do Valor (ABEAV) e, em 1984 foi oficialmente constituída, sob a presidência de Rodolfo Pereira Filho. CSILLAG (1985).

Historicamente, a Engenharia do Valor cresceu fora da Análise do Valor. A Engenharia do Valor se refere a um processo que um grupo de projeto,

treinado em Análise do Valor, usa para projetar um novo produto. Embora os grupos de AV e EV sejam freqüentemente intercambiáveis, eles são diferentes e não podem ser confundidos. SHILLITO e DAVID (1992).

Alex Cunningham, vice-presidente executivo de uma grande montadora multinacional, dirigindo-se a audiência de uma reunião do "Society Analysis Value Engineering" (SAVE) disse em 1985:

"O que vocês fazem possui diversos nomes: gerenciamento do valor, engenharia do valor, etc. Isso porque o processo se expandiu bem além do escopo original. Começou como uma técnica, uma maneira específica de abordar problemas de engenharia. Então se tornou numa disciplina, um conjunto de princípios que poderiam ser aplicados em uma variedade de tarefas de negócios hoje".

2 O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

2.1 Características de desenvolvimento de um produto

Segundo KAMINSKI (2000), de uma forma global o processo de desenvolvimento de produtos e, portanto o projeto apresenta as seguintes características gerais:

Necessidade - O produto final deve ser a resposta ou a solução a uma dada necessidade, individual ou coletiva, que pode ser satisfeita pelos recursos humanos, tecnológicos e econômicos disponíveis naquele instante.

Exeqüibilidade física – O produto e o processo para a sua obtenção devem ser factíveis.

Viabilidade econômica - O produto deve ter para o cliente uma utilidade igual ou superior ao preço de venda, além de compensar satisfatoriamente o fabricante ou o executor, seja esta instituição pública ou privada. A maior parte do custo de um produto (70% a 80%) é determinada durante o projeto e, se esta condição não for considerada cuidadosamente durante o processo, o resultado pode ser um impacto negativo e de longo prazo na estrutura de custos da empresa. McNair (2000).

Viabilidade financeira - Os custos de projeto, produção e distribuição devem ser financeiramente suportáveis pela instituição executora ou pagadora.

Otimização - A escolha final de um projeto deve ser a melhor entre as várias alternativas disponíveis quando da execução do mesmo.

Critério de projeto - A otimização deve ser feita de acordo com um critério que representa o equilíbrio a ser conseguido pelo projetista entre vários requisitos, em geral conflitantes. Entre esses se incluem as exigências e expectativas do consumidor, do fabricante, do distribuidor, e da sociedade como um todo, representada pelo seu governo e pelas organizações não governamentais (ONGs).

Subprojetos - Durante o desenvolvimento de um projeto, surgem continuamente novos problemas, de cuja solução depende o projeto, e que deverão ser resolvidos por subprojetos.

Aumento da confiança - O projeto é uma atividade em que os conhecimentos produzidos durante o processo permitem a transição da incerteza para a certeza do sucesso de um produto, isto é, a cada etapa a confiança no sucesso deve aumentar. Se este não for o caso o desenvolvimento deve ser interrompido, ou uma alternativa de solução deve ser procurada. Uma das causas de interrupção de um projeto é o não atendimento do custo pretendido para o produto. Em geral esse custo precisa ser competitivo.

Custo da certeza – O custo das alternativas destinadas a obtenção de conhecimento sobre o projeto deve corresponder proporcionalmente ao aumento da certeza quanto ao sucesso. Um projeto deve ser interrompido sempre que as informações disponíveis indiquem o seu fracasso; e será continuado somente se as informações garantirem a conveniência da aplicação dos recursos necessários à fase seguinte.

Apresentação – O projeto é em essência a descrição de um produto ou processo, normalmente apresentado na forma de documentos, relatórios, desenhos e maquetes.

2.1.1 Estrutura de um projeto de desenvolvimento de produtos

Independentemente das características individuais de cada produto, as várias etapas necessárias ao seu desenvolvimento constituem-se em um método geral comum. Geralmente, para a maioria dos fabricantes de automobilísticos o conjunto de tarefas são divididas em quatro grupos básicos- desenvolvimento do conceito, desenvolvimento do motor, desenvolvimento e projeto do veículo, e engenharia de processos. CLARK e WHEELWRIGHT (1993). Esta metodologia organiza a transformação das necessidades em meios para satisfazê-la e indicam finalmente como utilizar matérias-primas, recursos humanos, tecnológicos e financeiros para obter o produto desejado.

O desenvolvimento do produto ocorre em fases seqüenciais, embora considerações pertinentes a fases posteriores sejam necessariamente utilizadas em fases anteriores. De forma ampla, podem ser definidas sete fases para o desenvolvimento de um projeto, cada uma com características e finalidades específicas.

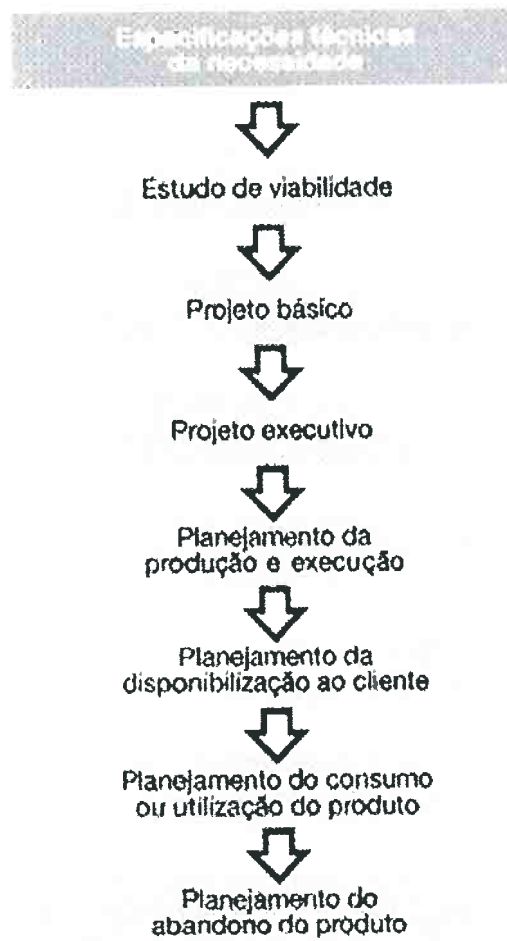


Figura 3- Sete fases para o desenvolvimento de um projeto. KAMINSKI (2000)

Serão abordados nesse trabalho somente os aspectos referentes à fase inicial do desenvolvimento do produto, que são Estudo de Viabilidade, Projeto Básico e Projeto Executivo. Na indústria automobilística são equivalentes às fases de Desenvolvimento do conceito e o Desenvolvimento do motor.

2.1.2 Estudo de viabilidade

O Desenvolvimento do conceito é a fase inicial onde ocorrem as discussões do planejamento de diversas abordagens de alternativas para o projeto do veículo e o objetivo de possíveis seguimentos de mercado para o veículo. O detalhamento deve ser apenas o suficiente para se verificar a viabilidade técnica e econômica da solução. O primeiro passo consiste em determinar a existência e a natureza da necessidade que se admitiu inicialmente e defini-la técnica e quantitativamente da forma mais perfeita possível.

Em seguida, é necessário especificar as exigências decorrentes das necessidades fixando-se suas características funcionais, operacionais e construtivas, limitações e critérios do projeto, determinando assim as especificações técnicas do produto a ser desenvolvido, por exemplo, os objetivos de desempenho de componentes. CLARK e WHEELWRIGHT (1993).

A etapa seguinte é a elaboração de alternativas de solução, que consiste na geração de concepções físicas que atendam às especificações do projeto, ou seja, os objetivos de desempenho dos componentes, sub sistema e sistemas. Estas concepções estarão normalmente definidas grosso modo em esquemas, diagramas de bloco e esboços, mas já podem ser analisadas do ponto de vista técnico, econômico e financeiro. As concepções aprovadas nessas análises devem ser soluções viáveis para o projeto.

2.1.3 Projeto básico

Esta fase tem por objetivo escolher, entre as soluções propostas da primeira fase, a melhor, e defini-la completamente. Cada uma das propostas é analisada ainda de maneira superficial, por exemplo, através de uma matriz de decisão, mas de modo a se avaliar as suas vantagens e desvantagens em relação às especificações (critério de projeto) estabelecidas na primeira fase.

A melhor das opções é agora submetida a um exame mais profundo. São feitos estudos e ensaios utilizando desenhos e modelos físicos (por exemplo, protótipos) ou modelos matemáticos (analíticos ou numéricos) visando estabelecer:

- O campo de variações dos parâmetros críticos de projeto (mais importantes);
- As características básicas dos componentes;
- A influência dos vários fatores internos ou externos sobre o desempenho funcional do produto.

A ênfase é construir protótipos do motor para testes de obtenção de dados de desempenho. Diversos avanços de projetos de Engenharia ocorrem para explorar o desenvolvimento do veículo também. O resultado do projeto básico é a definição completa apenas das características principais do produto. A forma de apresentação é por relatórios descritivos, memorial de cálculo, maquetes físicas ou eletrônicas, desenhos de conjunto e lista de materiais e componentes dos itens principais. KAMINSKI (2000).

Segundo COOPER e SLAGMULDER (1997), a empresa Isuzu usa os métodos de "teardown", ou seja, desmontam peças, em todas as fases de desenvolvimento do produto. A empresa possui oito métodos diferentes de "teardown": dinâmico, custo, material, estático, processo, matriz, unidade kilo-grama e o grupo de estimativa. Os primeiros três métodos tratam-se de um custo de manufatura direto do

veículo. Os próximos três são intencionados a reduzir o investimento requerido para produzir veículos através do aumento da produtividade. As últimas duas técnicas são integrações do “teardown” e de técnicas de Engenharia do Valor.

As empresas japonesas têm desenvolvido inúmeras variações das técnicas de EV. A Isuzu, por exemplo, usa três estágios de EV (aspecto - zero, aspecto - primeiro e aspecto - segundo) além de oito abordagens de “teardown” e outras quatro técnicas de redução de custo para melhorar o valor de seus modelos. O aspecto - zero focam nas fases mais recentes do projeto do produto. Seu objetivo é introduzir novas formas de funcionalidade. O aspecto-primeiro EV foca a fase conceitual do projeto do produto e trabalha para melhorar a funcionalidade de novos produtos. O aspecto - segundo EV foca na última faz fase de planejamento do produto e tenta encontrar maneiras de melhorar a funcionalidade de componentes existentes. Além disso, existe o método de “check list”, reunião de redução de custo de um dia, “mini” EV, e programa de confiabilidade de EV. COOPER e SLAGMULDER (1997)

2.2 Estrutura cronológica de desenvolvimento de veículos

O Processo de Desenvolvimento Global de Veículos trata-se de um cronograma macro utilizado globalmente na empresa estudada. Leva em torno de três anos desde o início até o final para ser completado. Seu objetivo é estabelecer a disciplina, padronização e organização durante todo o período de desenvolvimento de um novo produto. O Processo é composto por três fases macros estruturado da seguinte forma:

1 Desenvolvimento do Plano do Portifólio	2 Processo Avançado de Desenvolvimento de Veículos	3 Processo Global de Desenvolvimento de Veículos
---	---	---

Figura 4- Estrutura cronológica para desenvolvimento de veículos.
(PROCESSO...,2006)

2.2.1 Desenvolvimento do plano de “portifólio”

A fase de desenvolvimento do plano do “portifólio” é o período que ocorre a busca das necessidades de mercado através de pesquisas. São realizados estudos e levantamento de perfil do cliente para e determinação da categoria do veículo a ser projetado.

2.2.2 Processo avançado de desenvolvimento de veículos

É a fase que se busca a concepção do produto. É nessa fase que se seleciona o tipo de conceito para cada sistema, o estudo da arquitetura veicular, a seleção de peças existentes e o planejamento de novas peças. Trata-se de uma fase chave para a definição do custo do produto e, portanto para a aplicação da AV/EV. Na empresa estudada é a fase onde se cria a ferramenta de gerenciamento de custos.

2.2.3 Processo global de desenvolvimento de veículos

É a fase em que as Engenharias de Produto e de Manufatura executam as atividades em “Computer Aid Engineering” (CAE), “Computer Aid Drawing” (CAD) e “Computer Aid Manufacturing” (CAM). Ocorre também a coordenação do desenvolvimento de peças e equipamentos junto aos fornecedores. Nessa fase o objetivo de custo de peças e ferramental já se encontra definido, o que não impede a modificação do projeto para se obter a redução de custos. Porém o ganho é bem

menor, pois nessa fase muitos fornecedores já se encontram nomeados e com isso a empresa contratante perde poder de barganha. Por isso envolver o fornecedor o quanto antes no desenvolvimento é uma estratégia interessante para a discussão de alternativas de redução de custo em conjunto com o contratante. SOBRAL (2003).

2.3 Processo atual de avaliação de Valor no desenvolvimento

Atualmente a fase inicial do processo de desenvolvimento de veículos da empresa estudada conta com diversas tarefas.

Para o melhor entendimento dessas tarefas e apresentado a seguir um fluxograma de atividades. No fluxograma a seguir o início do processo representa a definição da necessidade de mercado. O fim do processo representa a definição técnica do produto:

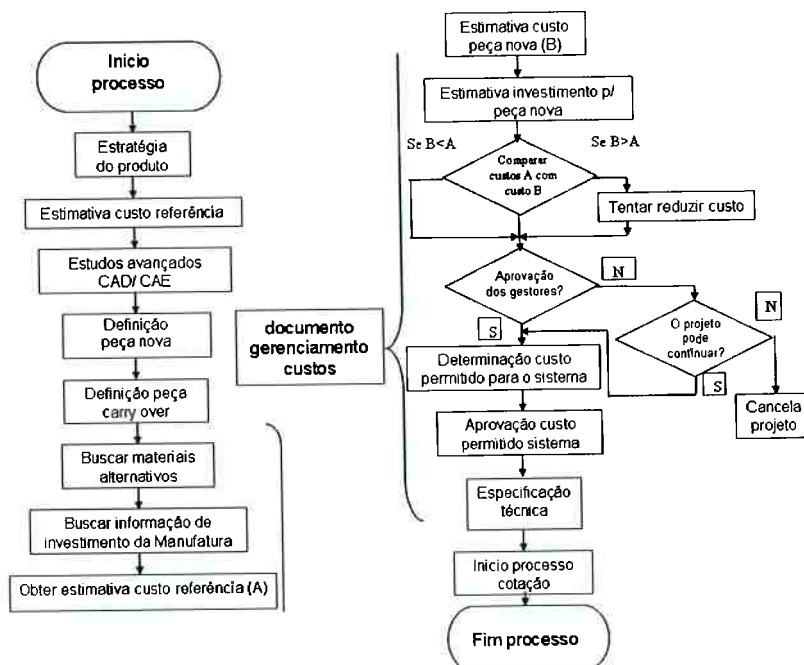


Figura 5- Fluxograma da fase conceitual de desenvolvimento de produtos na empresa estudada.

2.3.1 Avaliação do custo do produto

O documento de gerenciamento de custo tem por objetivo balancear requerimentos técnicos e requerimentos financeiros evitando o aumento de custos no decorrer do desenvolvimento. PROCESSO de Gerenciamento de Custos de Desenvolvimento de Produtos: Manual do Participante (2006). Um módulo eletrônico veicular pode ser um equipamento com diversas funções, no entanto durante o seu desenvolvimento, como não existe a abordagem funcional, tais funções e o desempenho dessas funções deixam de ser analisadas. Dessa forma, o design das peças é concebido a partir de peças existentes. Peças "carry over", ou seja, existentes em produção são reutilizadas em novos projetos sem uma análise mais profunda, o que transfere qualidades e defeitos para novos projetos. Qualidade significa a conformidade com as especificações, que satisfaz às expectativas do comprador CSILLAG (1985).

Se por um lado essa estratégia reduz custos de Engenharia por outro ocorre que as idéias de redução de custo deixam de ser exploradas no desenvolvimento, o que geram aumento de custo variável.

Portanto falta na empresa estudada uma metodologia para estimular a avaliação de propostas de alternativas viáveis, que reúnam a experiência do time. Propostas potenciais, tais como, aplicação de peças menores, mais leves, mais baratas e que requeiram menos investimento deixam de ser analisadas.

2.3.2 Avaliação do desempenho do produto

De acordo com CLARK & WHEELWRIGHT (1993), Uma das formas de se avaliar a desempenho que se pretende atingir é através do Ciclo Projetar- Construir- Testar. Trata-se de balancear os atributos do cliente e fechar o "gap" de desempenho com o foco na resolução do problema. Resolução de problemas é um processo de aprendizado. Não importa o quanto se sabe a respeito de um dado

problema, existem sempre aspectos únicos de qualquer novo sistema que precisam ser entendidos antes de efetivamente ser desenvolvido. Isso é necessário para se convergir para um projeto final e completo, com especificações detalhadas, ou revisadas. Cada interação ou ciclo de resolução de problemas consiste em três fases:

-Fase de projeto: Identifica-se o problema e estabelece objetivos para o processo de resolução. Um problema com ruído, por exemplo, pode ser causado pelo tipo de material, largura da engrenagem, perfil do dente, alinhamento do trem de engrenagem, ou uma variedade de outros parâmetros de projeto, que por sua vez pode ser relacionado ao processo de fabricação ou ao produto. No caso do ruído, por exemplo, pode ser aparente devido ao feedback do cliente de que o antigo projeto tinha características de ruído indesejáveis. Daí a necessidade de análise de dados de qualidade para avaliar o histórico de ocorrências que poder direcionar a uma característica indesejável. Um objetivo claro para o novo sistema poderia ser portanto, reduzir o ruído abaixo de um dado nível inicial. Entretanto é preciso investigar mais a fundo a necessidade do cliente, pois ele pode estar se referindo não exatamente ao nível do ruído, mas a sua característica. Depois se determina que o objetivo, por exemplo, é criar uma característica de ruído não somente distinto, mas leve e não abrasivo. Dessa forma é possível estruturar o problema.

-Fase de geração de alternativas: É necessário transformar atributos do cliente em requisitos de Engenharia, gerando alternativas de conceitos, formas, materiais e especificações que gerem o potencial de atendimento do objetivo.

-Fase de construção: Constroem-se algumas alternativas de modelos matemáticos através do uso do CAD. Então se fabrica peças que são denominados protótipos. Os protótipos são feitos de forma experimental, através métodos de prototipagem rápida. Usa-se materiais não representativos, tais como argila e policarbonato (estereolitografia), etc. O objetivo é permitir a realização de testes para a coleta de dados de performance. Pode-se aproveitar esse tipo de peça também para avaliar a montagem da peça na contra-peça. Essa abordagem é bastante útil, pois identifica

problemas que passam despercebidos através do CAD, evitando assim a necessidade de modificações de Engenharia em fases avançadas do desenvolvimento.

-Fase de teste: Essa fase pode ser realizada de duas formas, através de simulação virtual através do uso do CAE ou através de teste/ experimento. No caso de solução de problemas de ruído, por exemplo, mede-se os níveis ruído em decibéis dBs das diferentes alternativas de modelos, escolhendo-se a mais silenciosa como solução.

O ciclo Projetar- Construir- Testar é muito interessante, pois permite ao Engenheiro identificar uma eventual deficiência na especificação técnica existente na empresa, que pode ser as causas dos problemas. Entretanto é difícil encontrar uma especificação deficiente, pois elas são criadas, validadas e documentadas com muito critério.

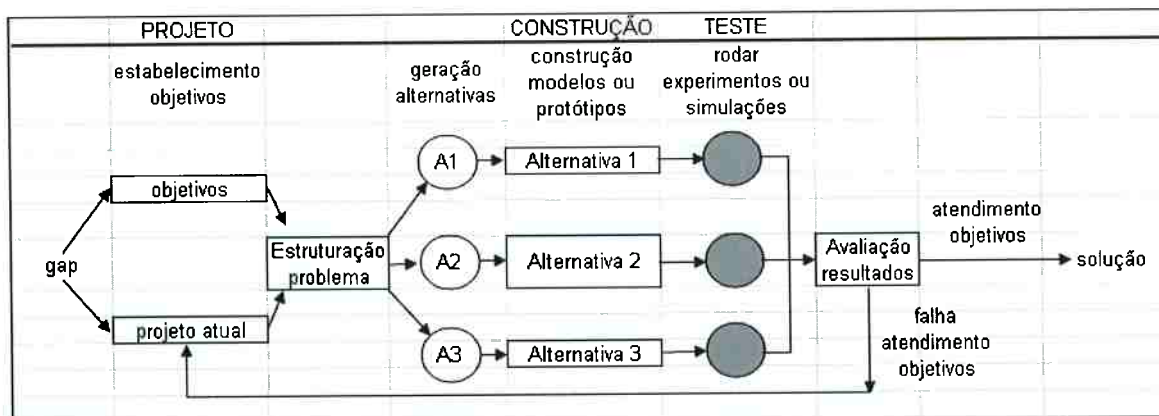


Figura 6- Ciclo projeto- construção-teste na resolução de problemas. CLARK e WHEELWRIGHT (1993).

É extremamente recomendado que uma vez encontrado a solução do problema, esta seja confirmada através de testes com potenciais usuários. Existem três características do âmbito de projetos que determinam a orientação dominante do processo apropriado de prototipagem:

- A relativa importância do avanço e desenvolvimento técnico inovador na direção de desempenho superior do produto;
- A relativa importância de um sistema de solução total balanceado para a escolha do cliente;
- A importância relativa de manufaturabilidade (por exemplo, custos de manufatura e confiabilidade) na competição e decisão do cliente.

2.4 Documento de gerenciamento de custos

O documento de gerenciamento de custos é aplicado na empresa estudada e estabelece um comparativo entre duas peças distintas, destacando suas diferenças. Tais diferenças podem ser relacionadas ao tamanho, massa, material, conceito, forma, enfim todos os fatores que provocam aumento ou decréscimo de custo de uma peça ou sistema. Para isso estabelece-se um veículo referência que pode ser um veículo em produção ou de seguimento similar ao veículo que se encontra em desenvolvimento.

2.5 Análise de Valor com o documento de gerenciamento de custos.

A Análise do Valor do documento de gerenciamento de custos apresenta o desmembramento dos custos dos componentes referências e das novas peças. Seu objetivo é indicar a somatória dos custos de cada peça, tanto das referências quanto das novas. Com isso é possível visualizar se a peça que está sendo desenvolvida custa mais ou menos do que a peça estabelecida como referência.

De acordo com o documento de gerenciamento de custos, a Análise do Valor é calculada da seguinte forma:

$$AV = (-CR1+CN1)+(-CR2+CN2)+(-CR3+CN3)+(-CR4+CN4)+(-CRn+CNn) \quad (4)$$

Onde: AV= Análise de Valor (trata-se do custo estimado);

CR= componente referência;

N= componente novo;

DEL= (-) = remove;

ADD= (+) = adiciona.

A equação (4) que calcula o resultado da Análise de Valor segundo a ferramenta documento de gerenciamento de custos, não contempla a variável Função discriminada pela equação (1), (COOPER e SLAGMULDER (1997)).

Portanto a ferramenta documento de gerenciamento de custos aplicada na empresa estudada não contempla a aplicação da análise de valor de acordo com a abordagem funcional apresentada por MILES (1947). Trata-se de uma análise de custos com o objetivo de redução de custos. Dessa forma a redução de custo fica limitada simplesmente às alternativas de materiais mais baratos, não permitindo o estímulo de criatividade de um time para geração de idéias mais viáveis. Dessa forma a aplicação de uma proposta criativa ocorre somente caso haja um ato de pro atividade do Engenheiro responsável pelo desenvolvimento. Como o fator tempo é muito critico para o desenvolvimento de produtos os Engenheiros estão sempre atarefados, e acabam na sua maioria não dedicando esforço num ato de pro atividade nesse sentido. Além disso, com a falta de uma metodologia capaz de estimular um processo de desenvolvimento criativo, cria-se barreiras para o avanço tecnológico. Conforme descrito na figura 7, o avanço na tecnologia é o fator mais significativo para a redução de custo.

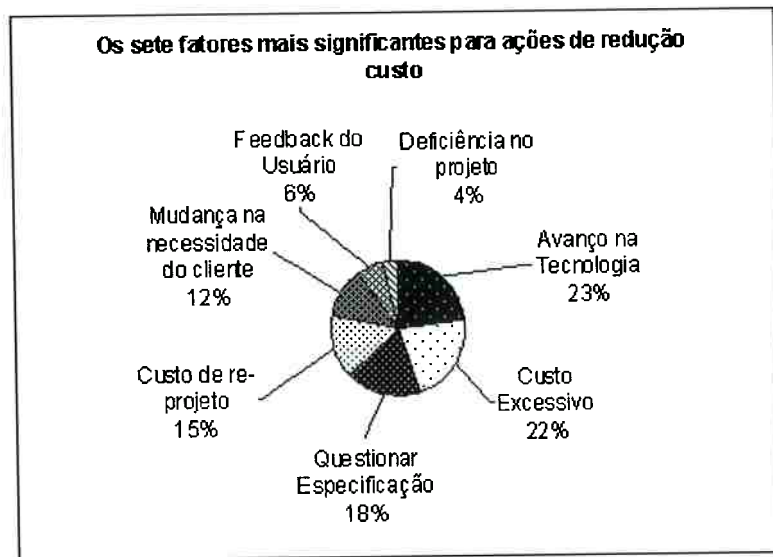


Figura 7- Os sete fatores significantes para ações de redução de custo. DELL'ISOLA (1997).

3 SOLUÇÃO PROPOSTA PARA A EMPRESA

3.1 O cenário atual da empresa estudada.

3.2 AV/EV como ferramenta

Na empresa estudada aplica-se diversas ferramentas no processo de desenvolvimento de produtos. Ocorre uma preocupação razoável em relação ao acréscimo de custos dos produtos devido a modificações de projeto. Tais modificações normalmente ocorrem devido a modificação de tema de Estilo, por requisito de Marketing ou pelo não atendimento de requisitos de testes. Por isso aplica-se ferramentas de análise de custos para controlar o acréscimo decorrentes desse tipo de modificação. Porém falta na empresa estudada uma metodologia capaz de avaliar de forma sistematizada a redução de custos dos produtos já nas fases de desenvolvimento. Como proposta para a empresa estudada recomenda-se a aplicação da AV/EV. Atualmente na empresa estudada as ferramentas existentes não aplicam a AV/EV. Além disso, as ferramentas existentes não estimulam a criatividade do time como a AV/EV oferece. Através da aplicação dessa metodologia é possível obter grandes efeitos para vários outros propósitos, conforme apresenta a tabela 1:

Tabela 1- "Toolbox". A escala 5 quer dizer: Efeito maior ou aplicação excelente; 4 Efeito acima da média mas sem aplicação primária; 3 Algum efeito sem boa aplicação; 2 Efeito muito menor; 1 Sem benefício.

		Aplicação de ferramentas																					
FERRAMENTA		Organização Planejamento e Desenvol.	Desenvolvimento time trabalho	Simplificação Operação	Melhoria Organização e Operação Custo	Melhoria Custo Produto	Controle Orçamento	Melhoria Produto	Geração Novas Idéias	Desenvolvimento Criatividade	Melhoria Qualidade Produto	Melhoria Operação Manufatura	Melhoria Operações Adms.	Resolução Problemas	Desenvolvimento Informação	Melhoria Confiabilidade Produto	Redução nº mudanças Engenharia	Disposição Software	Processo Estruturado	Processo Baseado Atividade ABC	Processo Baseado Função	Total	
1	DFA					5	4					5	5	3						5	5	32	
2	FMEA										4	5				5				4	5	18	
3	JIT				4	4						5	5								5	23	
4	K-T		5			3		4						5						5	5	27	
5	KAIZEN		5	4	4	3			5			5	4							4	5	39	
6	MBO	5	4	3	5								5								5	27	
7	QFD		4			4		5	4		4	3	3	4	5		4			5	5	50	
8	Eng. Simult.	3	4			3		3					4								5	22	
9	TAGUCHI					4		5			5	5		3		5					5	32	
10	Objetivo Custo					5	5					4	4								5	23	
11	TQM							5			5	5	5	4		4					5	33	
12	TRIZ					4		5	5					4					5	5	4	32	
13	VE	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	5	3	4		5	84	
14	ZBB						4						5								4	5	18
15	Benchmarking					4		4	4			4									5	21	
	Total	13	27	12	18	44	13	36	23	5	22	46	45	28	9	18	9	8	32	63	10		

PARK (1999)

Universidades japonesas indicaram algumas empresas que possuem excelentes sistemas de objetivo de custo e Engenharia do Valor. Michiharu

Sakurai da Universidade de Senshu identificou a Nissan e a Komatsu, Takao Tanaka da Universidade de Keizai de Toquio nomeou a Toyota, e Takeo Yoshikawa da Universidade Nacional de Yokohama identificou a Isuzu. Uma vez estabelecido o objetivo de custo, a Engenharia do Valor é usada para encontrar maneiras para melhorar o projeto do produto para que o Objetivo de Custo seja alcançado. COOPER e SLAGMULDER (1997).

Ainda segundo COOPER e SLAGMULDER (1997), na Isuzu, estes programas consistem em diversos subprogramas, cada um designado para criar uma análise de custo de funcionalidade ou em diferentes estágios do processo de desenvolvimento do produto ou para diferentes elementos de custos.

A seguir é apresentado um Plano de trabalho AV/EV elaborado por Miles (1961), CSILLAG (1985). As áreas achuradas são aplicadas no processo de desenvolvimento da empresa estudada. Porém as áreas em branco não são.

Orientação						
O que está sendo desenvolvido? (deve-se pensar em sistemas ou sub-sistemas.)	Informação	Especulação		Análise	Desenvolvimento	
	O que é?	O que mais faz o trabalho?				Apresentação e seguimento
	O que faz?	Pode-se aplicar a estratégia de re-uso "reuse" de peças?	Quanto custa?	Quanto custa?		
	Quanto custa?	Pode-se aplicar a estratégia de re-uso "reuse" de componentes?	Quanto vale para o cliente?	Qual é o mais barato?	Vai funcionar?	
	Quanto vale para o cliente?	Tentar tudo.	Juntar todos os fatos	Quantificar as principais idéias (em unidade monetária)	Vai atender os requisitos?	O que é recomendado?
	Conseguir informações da melhor fonte.	Eliminar a função.		Avaliar por comparação.	O que fazer agora?	Quem vai aprovar?
	Reduzir todos os custos disponíveis.	Simplificar.		Avaliar por função.	O que é necessário implantar?	O que foi feito?
	Quantificar cada idéia (em unidade monetária)	Desestruturar e criar (deve-se analisar cada componente).			Juntar fatos convincentes	Quanto vai economizar "saving"?
	Trabalhar com fatos específicos e não com generalidades.	Usar técnicas de criatividade.			Usar o próprio julgamento	O que se precisa para implementar?
					Traduzir fatos em termos de ações significativas	
					Usar produtos especializados.	
					Usar padrões.	
					Trabalhar com fatos específicos e não com generalidades.	
					Vender a proposta	

Aplicada na fase conceitual do processo de desenvolvimento.

Não aplicada no processo de desenvolvimento.

Figura 8- Plano de trabalho AV/EV segundo Miles (1961), CSILLAG (1985)

Nota-se que existe um cuidado expressivo com relação ao gerenciamento do custo, porém não existe a análise funcional, ou seja, aquilo que está relacionado diretamente com o Valor e qualidade a percebida pelo cliente.

Para manter-se competitiva, uma empresa precisa acompanhar as mudanças de mercado na velocidade em que elas ocorrem. Para a fase de informação é recomendável realizar uma pesquisa de mercado mais apurada a cada novo planejamento de projeto. Sabe-se que a pesquisa de mercado não é barata, porém a pesquisa de mercado precisa ser vista como investimento e não como custo. No processo aplicado na empresa estudada não se realiza a avaliação :

-Quanto vale para o cliente?

-Avaliar por função.

-Usar técnicas de criatividade.

Para aplicar a AV/EV na empresa estudada é que preciso que tal plano seja adaptado para a necessidade da empresa.

Para se manter os níveis de qualidade e competitividade é preciso buscar a função desempenho similar ao desempenho de um veículo "benchmark" quando se trabalha com funções de baixa percepção para o cliente, como por exemplo, mangueira de refrigeração do motor:

$$\text{Valor ideal} = \text{desempenho} / \text{custo mínimo} \quad (5)$$

Segundo SHILLITO e DAVID (1992), o valor bom existe quando um produto necessário custa pouco e desenvolve bem o desempenho. Desempenho e

preço são relacionados em um produto e dependem da maneira como um produto é projetado e manufaturado. Cada dispositivo e função carregam um custo específico que aumenta o preço do produto. Os custos para prover essas funções variam de projeto para projeto e de fabricante para fabricante. A necessidade de dispositivos e funções varia de acordo com as necessidades individuais de mercado. O Valor de um produto é uma equação (6) com números de diferentes desempenho de dispositivos:

$$\text{Valor} = \Sigma [(n \cdot a/c)1 + (n \cdot a/c)2 + (n \cdot a/c)?] \quad (6)$$

Onde: a= cada habilidade;
 n= para satisfazer uma necessidade;
 c= cada com um custo,
 1, 2, ?= diferentes funções.

Sendo assim, é sugerida antes do início de cada novo desenvolvimento a avaliação do veículo "benchmark", ou seja, o melhor na categoria. Pode-se providenciar a realização de experimentos que mensure cada função existente nos sistemas e subsistemas do veículo "benchmark". Os resultados dessa avaliação servirão de "input" para o desenvolvimento de cada novo sistema do veículo a ser projetado, buscando-se o ponto ótimo de desempenho do projeto, de modo que o novo veículo supere levemente o desempenho do veículo "benchmark".

Já para peças que possuem alta qualidade percebida, como por exemplo o painel de instrumentos, é preciso buscar a máxima performance possível, e se possível aumentar o nível de desempenho das funções. Em outras palavras, é preciso valorizar a qualidade percebida pelo cliente. Nesse caso é preciso buscar o valor máximo.

Valor máximo= Desempenho maximizado/ Custo
--

(7)

Visando manter o nível de competitividade é recomendado sempre buscar o custo mínimo, mesmo se a intenção for maximizar o valor. Para isso sugere-se a proposta para aplicação de uma metodologia que possibilite diminuir o valor de funções não relacionadas com a qualidade percebida e manter o valor para aquelas funções relacionadas à qualidade percebida.

Isso é possível através da aplicação da AV/EV de forma a estimular a criatividade do time de projeto para explorar as idéias do time. Essas idéias devem ser selecionadas e em seguida analisadas tecnicamente e financeiramente.

Existem diversas maneiras de se realizar uma função, tais como, a substituição por materiais alternativos, conceitos alternativos de montagem na Manufatura, conceitos alternativos de fabricação do fornecedor, etc. O envolvimento dos fornecedores na fase conceitual é recomendado para garantir que todas as idéias serão capturadas e que o design do produto é factível de fabricação. Por isso, quanto antes o fornecedor estiver envolvido no projeto, melhor.

3.3 As fases da AV/EV

No início de projeto de gerenciamento do valor, os seguintes assuntos precisam ser completamente direcionados: propósito, alinhamento, escopo, cronograma, finalização no tempo, mercado, estudo dos membros do time, suposições, implementação, e seleção do projeto. O grupo de gerenciamento do valor deve levar quanto tempo for necessário para realizar uma boa documentação desses tópicos.

A AV/EV é composta por diversas etapas. São as fases conhecidas por coleta de informações, abordagem funcional, geração de idéias, seleção de idéias, desenvolvimento, apresentação e implementação. SHILLITO e DAVID (1992). Essas fases se traduzem na prática em sub tarefas a serem exploradas nos tópicos a seguir.

Durante a fase de informação, é importante reunir dados sobre os desejos de desempenho do item em estudo. Quais são os obrigatórios e os desejos? Quais os dispositivos mais importantes para a venda? Como os dispositivos da concorrência se comparam? Quais são as tendências importantes de desempenho? O time de valor precisa quantificar a importância dos diferentes fatores de desempenho. equação (3).

Enxergar a frente, prever problemas, e planejar cuidadosamente o plano para lidar com eles. É preciso lembrar que a primeira reunião do time deve ser considerada como o primeiro dia de implementação.

Segundo COOPER e SLAGMULDER (1997) as divisões de empresas de projetos freqüentemente organizam reuniões de engenharia de valor para ajudar a alcançar seus objetivos de custos. Até que os testes de peças fossem desenvolvidos, a engenharia do valor poderia ser baseada em protótipos. Três modelos de teste eram normalmente feitos, que significava que o ciclo de desenho, produção de peças, e engenharia do valor fossem preparados três vezes em um período de aproximadamente um ano. O projeto era completado quando o desempenho e os objetivos de custos fossem alcançados. O plano final de produção em massa era então estabelecido. COOPER R.; SLAGMULDER R. (1997)

3.3.1 Formação do time AV/EV

Segundo COOPER e SLAGMULDER (1997), o contexto organizacional realiza uma parte crítica no sucesso de programas de Engenharia do Valor. É

necessário time multifuncional destinados aos objetivos. Operando em nível de divisão de gerencia. Na Nissan, o custo permitido é definido pelos times derivados de quase todas as áreas funcionais operacionais da empresa, incluindo engenharia, compras, engenharia de processos, engenharia de produção, manufatura e fornecedores de peças.

Na Toyota não existia fórmulas ou manuais para a engenharia do valor, mas existiam diversas áreas onde era possível incluir especificação de materiais e de consumo, rendimento, número de peças, facilidade para trabalhar e horas de trabalho. Mesmo pequenos “savings” foram identificados, de forma que dez mudanças dessas resultassem num “saving” significativo. O time era composto por 100 pessoas em duas divisões da empresa. COOPER e SLAGMULDER (1997).

3.3.2 Lista de funções inicial

Depois que um time é formado, o mesmo obtém informação detalhada sobre o item em estudo para responder a pergunta de Miles, O que é? O time de Valor conduz uma análise item por item do produto em estudo. Em um estudo EV, uma lista de componentes prováveis é preparada. Na AV ou EV, componentes devem ser descritos pelo nível de identificação (por exemplo, conjuntos, sub conjuntos, componentes, etc.).

A lista de funções consiste no desmembramento de componentes de uma peça, subsistema ou sistema. Trata-se da descrição de todos os componentes contidos num sistema ou subsistema. Além disso, a lista de funções deve conter a descrição das funções executadas por cada componente.

A função deve ser descrita com verbo no infinitivo + substantivo, e sempre exercer uma ação positiva. Todos os tipos de funções devem ser incluídos na lista, seja de função de efeito positivo ou negativo. A seguir é apresentada a lista de

funções inicial de uma peça veicular. Para ilustrar foi utilizado como exemplo o Duto de ar do painel de instrumentos veicular.

Tabela 2- Exemplo de lista de funções inicial.

ENGENHARIA DO VALOR- PLANO DE TRABALHO			
FASE: <u>Informação</u>			
GRUPO DE PROJETO: <u>Duto de ar IP</u>			
ITEM	NOME COMPONENTE	QUAL A FUNÇÃO DO COMPONENTE?	
		VERBO	SUBSTANTIVO
1	duto	conduzir	ar
		gerar	ruido
		suportar	esforços
		suportar	temperatura
2	vedador	vedar	encaixe
		suportar	temperatura
3	protetor	proteger	duto
4	fixador	fixar	duto

O entendimento das funções principais ou relevantes do produto e a identificação de elementos que incorrem em custos significativos são elementos importantes para a escolha de alternativas em prol da redução do custo. McNair (2000).

A seguir é apresentada uma relação de algumas funções e substantivos aceitáveis para a AV/EV:

Tabela 3- Lista de verbos e substantivos comuns.

Alguns verbos aceitáveis:

Abrir	Conduzir	Facilitar	Minimizar	Resistir
Absorver	Conformar	Fechar	Montar	Rotacionar
Acoplar	Conter	Guardar	Mover	Satisfazer
Ajudar	Controlar	Induzir	Mudar	Segurar
Amplificar	Converter	Injetar	Permitir	Suspender
Aplicar	Criar	Instruir	Posicionar	Tolerar
Apoiar	Direcionar	Interromper	Preservar	Transferir
Assegurar	Emitir	Limitar	Prevenir	Transmitir
Atuar	Enfatizar	Localizar	Proteger	Travar
Coletar	Espaçar	Manter	Receber	Vedar
Conduzir	Estabelecer	Maximizar	Reduzir	

Alguns substantivos aceitáveis:

Acesso	Energia	Oxidação	Torque
Área	Estabilidade	Peso	Uniformidade
Calor	Fluido	Potencia	Usuário
Cor	Fluxo	Pressão	Varição
Corrente	Força	Proteção	Vibração
Corrosão	Fricção	Radiação	Volume
Cuidado	Imagem	Reparar	
Decoração	Informação	Ruído	
Densidade	Insolação	Status	
Deterioração	Luz	Sujeira	
Direção	Odor	Tempo	

FOWLER (1990)

3.3.3 Lista de funções simplificada

A lista de funções apresentada no item anterior requer uma simplificação. Por isso cria-se uma segunda lista, denominada Lista de funções

simplificada. Então de acordo com a legenda Classificação da função, classifica-se cada função. A seguir são apresentadas as ações necessárias para a execução da lista de funções simplificada:

- Eliminar os nomes dos componentes. Isso é necessário para que o time passe a pensar apenas na função, desvinculando-se totalmente dos paradigmas.
- Eliminar as funções repetidas ou similares;
- Incluir a lista de classificação das funções. A classificação das funções permite diferenciar a importância de cada função. A Engenharia do Valor requer a identificação de função básica ou identificadora e de funções secundárias do produto. A função básica ou identificadora é o principal motivo para a existência do produto. COOPER e SLAGMULDER (1997). As funções secundárias podem ser; agregada, de estima, de uso, relevante, irrelevante e indesejável. A seguir é apresentada a lista de funções simplificada de uma peça automotiva.

Tabela 4- Exemplo de lista de funções simplificada.

ENGENHARIA DO VALOR- PLANO DE TRABALHO						
FASE:	Informação					
GRUPO DE PROJETO:	Duto de ar IP					
		QUAL A FUNÇÃO DO COMPONENTE?		CLASSIFICAÇÃO		
		VERBO	SUBSTANTIVO	ID/ A	E/ U	R/ I
						IN
		conduzir	ar	ID	U	R
		vedar	encaixe	A	U	I
		proteger	componente	A	U	I
		fixar	componente	A	U	I
		gerar	ruído	A	U	I
		suportar	esforços	A	U	I
		suportar	temperatura	A	U	I
Legenda classificação da função						
ID	identificadora					
A	agregada					
E	estima					
U	uso					
I	irrelevante					
R	relevante					
In	indesejável					

A seguir é preciso realizar a seguinte abordagem:

- Para funções Relevantes, manter o nível de desempenho aceitável pelo mercado;
- Para funções Irrelevantes, verificar a possibilidade de eliminá-las;
- Para funções Indesejáveis, minimizar seu desempenho.

O grau de desempenho varia conforme mercado. Por exemplo, entre mercado emergente e mercado de países desenvolvidos. Varia também conforme o

seguimento de mercado, por exemplo, entre seguimento de carro popular e veículo de seguimento compacto médio. Sendo assim, é preciso analisar cuidadosamente a estratégia de mercado para o produto que se encontra em desenvolvimento, visando escolher o grau mais apropriado para essa abordagem de classificação de funções.

3.3.4 Uso da criatividade

Segundo COOPER e SLAGMULDER (1997), a empresa Isuzu realizava a chamada reunião de um dia para redução de custos. O objetivo era melhorar a eficiência de uma atividade de redução de custos inteira, incluindo a aplicação dos métodos de Engenharia do Valor e “teardown”. Nessas reuniões, atendida por especialistas da Engenharia, produção, custos, e compras, dos quais se esperava dos participantes a identificação de possibilidades de redução de custo. Começavam por propostas previamente identificadas em programas de “teardown”, que ajudavam a iniciar a discussão. Cada Reunião de um dia para redução de custos geraram três tipos de resultados. Geração de novas idéias de redução de custos, ações de redução de custo atual eram identificadas e a definição do plano de datas para as ações serem implementadas.

Para estimular a criatividade do time, realiza-se um “workshop”, ou seja, uma reunião, para geração de idéias através da aplicação de “brainstorming” que são tempestade de idéias. A tabela 5 mostra como são geradas as idéias. Recomenda-se obter também as idéias do grupo de Otimização do Valor do Produto, através de banco de dados de propostas e aplicar todas as idéias relativas a estratégias de negócios que forem favoráveis para a empresa.

Tabela 5- Exemplo de planilha de geração de idéias para o duto de ar do painel de instrumentos veicular.

ENGENHARIA DO VALOR- PLANO DE TRABALHO

FASE: Especação

GRUPO DE PROJETO: Duto de ar IP

QUAL A FUNÇÃO DO COMPONENTE?		CLASSIFICAÇÃO					O QUE MAIS FAZ A FUNÇÃO ?		Esboço
VERBO	SUBSTANTIVO	ID/ A	E/ U	R/ I	IN	Alternativa	Idéias		
conduzir	ar	ID	U	R		1A	Duto soprado	Esboço duto	
						1B	Corrugado plástico maleável		
						1C	Duto injetado		
vedar	encaixe	A	U	I		2A	espuma		
						2B	borracha expendida		
						2C	cola		
proteger	componente	A	U	I		3A	carpete		
						3B	borracha expendida		
						3C	isolador de pano		
fixar	componente	A	U	I		4A	parafuso		
						4B	encaixe		
						4C	grampo		
gerar	ruído	A	U	I	IN	5A	perfil triangular no design duto		
					5B	isolador ruído de pano			
					5C	duto injetado			
suportar	esforços	A	U	I		6A	nervuras na estrutura duto		
suportar	temperatura	A	U	I		7A	seção adequada material		

Classificação da função	
ID	identificadora
A	agregada
E	estima
U	uso
I	irrelevante
R	relevante
In	indesejável

Na coluna esboço, coloca-se imagens ou a conexão com um arquivo de imagens que facilita o entendimento das propostas, conforme mostrado pela figura 9.

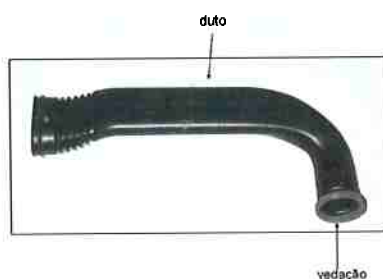


Figura 9- Esboço das propostas.

3.3.4.1 Conhecimento da especificação do processo e produto

Em cada caso precisa ter o conhecimento disponível para fazer uma avaliação preliminar do material apropriado e o processo para efetivamente realizar o tipo de função envolvida, junto com uma quantidade razoável de informações de custo comparativa. MILES (1961). A seguir é apresentada uma lista de tipos de materiais e processos de fabricação. MILES (1961):

Materiais

Adesivos:

- Ligas
- Acabamentos
- Tipos de cola
- Quentes derretidos
- A base de borracha
- Vedação
- Resina sintética

- Termoplástico
- Termoretrátil
- Resina vegetal

Cerâmicos:

- Material extrudado
- Guias
- Protetores

Fibras:

Animal:

- Pelo de cabra
- Seda
- Lã

Vegetal:

- Algodão
- Linho
- Cânhamo

Mineral:

Asbestos

Sintéticos:

Nylon

Linha metálica

Ouropel

Vidros:

- Fibras
- Resistente a calor
- Isolador
- Resistente a choque
- Lãs

Papel:

- Laminado
- Resistente a óleo
- Resistente fogo
- Resistente a água
- Papelão

Plásticos:

- Aproximadamente 25 tipos:
- PP
- PP-PE
- PE-AD
- ABS

- Etc.

Alumínio:

- Estampado
- Brazado
- Soldado
- Injetado
- Usinado
- Dobrado

Metal

- Laminado
- Pré cozido
- Extrudado
- Pré soldado
- Pré acabado
- Estampado

3.3.5 Avaliação técnica das alternativas

Para cada alternativa realiza-se a pergunta; Atende as especificações de Engenharia? É necessário escrever as especificações em grandezas físicas na coluna especificação. Descrever as vantagens e desvantagens de cada alternativa. O objetivo é aprovar o máximo possível de alternativas do ponto de vista técnico, colocando *OK (aprovado)*, *NOK (rejeitado)*. Por exemplo, avaliando a proposta *Reduzir comprimento de borracha e aumentar o comprimento de alumínio*. Vantagem *não identificado*, desvantagem *crítico para análise estrutural*. Avaliação técnica *OK*.

Tabela 6- Avaliação técnica das alternativas.

SELEÇÃO TÉCNICA DAS PROPOSTAS			
Especificação	Vantagem	Desvantagem	Avaliação técnica
25 l/s	Montagem	NA	OK
	Massa	interferência em peças vizinhas. Não suporta temperaturas de 80 ° C	NOK
	Estrutural	parece ser mais caro	OK
5 % vazamento	vedação, massa	NI	OK
	NI	não permite montagem tmo encaixe	OK
	vedação	difícil manuseio, requer controle de temperatura para não endurecer	NOK
NI	adere melhor	componente adicional	OK
NI	evita ruído	componente adicional	OK
mínimo 10 mm gap	não requer proteção	pode restringir passagem ar pelo duto	OK
10 Nm	fixação	requer aperteira na planta	OK
durabilidade G4	facilidade montagem	depende do lay out	OK
durabilidade G4	não requer aperteira	dificuldade montagem	OK
até 3dB	custo	depende do lay out	OK
	atenua vibração	componente adicional	NOK
	robustez	processo mais caro	OK
>= 32 Hz	poder reduzir massa	limitação do processo soprado	OK
até 80°C	NI	NI	OK
		NA	Não Aplicado
		NI	Não Identificado
		OK	Aprovado
		NOK	Reprovado

3.3.6 Avaliação financeira das alternativas

Realiza-se a pergunta; Quanto custaria a alternativa? Então realiza-se estimativas financeiras das alternativas aprovadas tecnicamente (item anterior). O objetivo dessa etapa é encontrar as alternativas mais viáveis. É extremamente recomendado que essa etapa seja realizada através de um “workshop” com a presença do fornecedor, e o Analista financeiro responsável pela análise. As linhas escuras na planilha são opcionais e somente servem para excluir as propostas rejeitadas.

Tabela 7- Tabela análise financeira

QUANTO CUSTARIA ? (UNIDADES MONETÁRIAS)										
MATERIAL DIRETO			FABRICAÇÃO					LOGISTICO		CUSTO POR VEÍCULO
MATÉRIA PRIMA	Qtd.	Unid.	PROCESSO	Máq.			Embalagem			
plástico	200 g	1	0,7	soprado	10		0,2	0,1		8
plástico	300g	1	0,7	injetado	12		0,3	0,1		89
espuma	30 g	1	0,1	cuta	3		0,1	0		17
EPDM	40g	1	0,2	cuta	4		0,125	0		19
NA										0
NA										0
design duto	0g	0	0		0		0	0		0
NA										0
encaixe	0g	0	0		0		0			0
NA										0
perfil duto	0g	0	0		0		0	0		0
NA										0
NA										0
NA										0

NA	Não Aplicado
NI	Não Identificado
OK	Aprovado
NOK	Reprovado

Uma outra forma de realizar esse tipo de análise financeira é estimar o custo de material e o custo de fabricação. NEVES (1981). Para a estimativa de custo de material se utiliza informações de propriedades físicas do componente. Para a estimativa de custo de fabricação se utiliza, por exemplo, o tempo que seria necessário para executar cada ação de montagem.

Na EV, dados de custo não podem existir, e as estimativas de custo devem ser todas as que podem ser usadas. Os custos podem ser estimados em materiais e de fabricação, derivados por métodos de avaliação. Se um grupo de pessoas estiver participando da estimativa, deve-se assumir a média dos valores atribuídos por todos os participantes. SHILLITO e DAVID (1992).

3.3.7 Tabela custo por função

A seguir é apresentado um exemplo de tabela custo por função de um duto de ar do painel de instrumentos veicular: Esta planilha é opcional e serve para identificar as funções de maior custo. Pode-se ainda colocar tais informações num gráfico Pareto para facilitar a visualização.

Tabela 8- Tabela custo por função.

ENGENHARIA DO VALOR- PLANO DE TRABALHO															
FASE:															
GRUPO DE PROJETO:															
Componente	Custo	conduzir ar		vedar encaixe		proteger componente		fixar componente		gerar ruído		suportar esforços		suportar temperatura	
		%	Custo	%	Custo	%	Custo	%	Custo	%	Custo	%	Custo		
duto ar IP	80	50	40					10	8	10	8	20	16	10	8
espuma vedação	4			75	3									25	1
proteção	2					100	2								
parafuso	2							50	1			50	1		
Total (Unidade Monetária)	100	50	40	3	3	2	2	9	9	8	8	17	17	9	9

Através tabela custo por função realiza-se as seguintes ações:

- Definição da coluna dos componentes mais viáveis na vertical;
- Descrição das funções na horizontal;
- Descrição do custo de cada componente;
- Determinação do “peso” de cada componente atribuído à cada função;
- Rateio de custo do componente entre as funções,
- Identificação das funções mais caras.

Segundo COOPER e SLAGMULDER (1997), O Engenheiro de Valor presta atenção específica nas funções e componentes que possuem alto custo. Deve-se tentar encontrar maneiras ou de reduzir o custo para atingir o nível de funcionalidade desejado ou, se elas são funções secundárias, eliminá-las.

3.3.8 Fase de Implementação.

Na fase de implementação um relatório de resumo é preparado. Nele devem conter a conclusão do trabalho e deve realizar propostas específicas. Um plano de ação para implementação da recomendação é feito. Um plano de monitoramento da de implementação das propostas de mudança do valor ajudam para que os objetivos sejam alcançados. SHILLITO e DAVID (1992).

Tabela 9- Planilha de recomendação AV/EV.

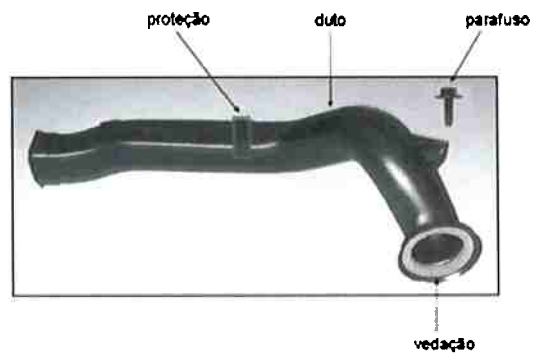
RECOMENDAÇÃO ENGENHARIA DO VALOR

Projeto: X

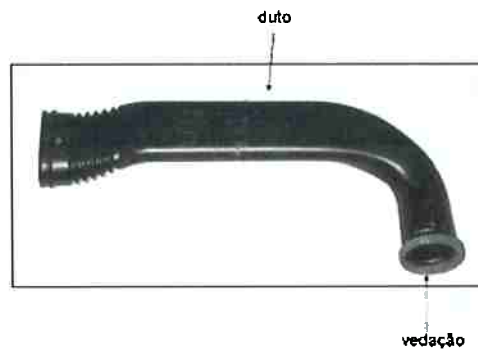
Item: Duto ar IP

data: 2007

DESIGN ORIGINAL



DESIGN PROPOSTO (Anexar sketch onde aplicável)



DISCUSSÃO (Vantagens e desvantagens)

Embora exista a preocupação relacionada ao lay out, o conceito proposto traz benefício de eliminação de componentes adicionais como o fixador e o isolador de ruído.

RESUMO DE CUSTOS	Inicial (UM)	Anual
Original (custo por veículo em unidade monetária UM)	114	
Proposto	100	
Savings	14	
Investimento		x
Retorno sobre investimento		2 meses

4 IMPLEMENTAÇÃO DA AV/EV NO PDP

4.1 Treinamento do time

Para implementação da AV/EV na empresa estudada é preciso o treinamento dos facilitadores para as etapas da metodologia, além da formação de times de estudo com integrantes adequados para cada projeto, buscando não só compor a equipe com especialistas técnicos e econômicos, como também com pessoas chave de conhecimento variado que possam trazer novas visões para o projeto do produto e processo. IBUSUKI (2003).

4.2 Momento ideal para a aplicação da AV/EV no processo

Tendo em vista que o grupo de desenvolvimento já conhece e aplica a Planilha de Estimativa de Custo Referência, sugere-se a adaptação da mesma para a aplicação das atividades AV/EV, tais como abordagem funcional, a etapa de geração de idéias, etc.

O melhor momento para aplicação da AV/EV é durante a fase conceitual do desenvolvimento do produto, ou seja, na fase avançada da empresa estudada.

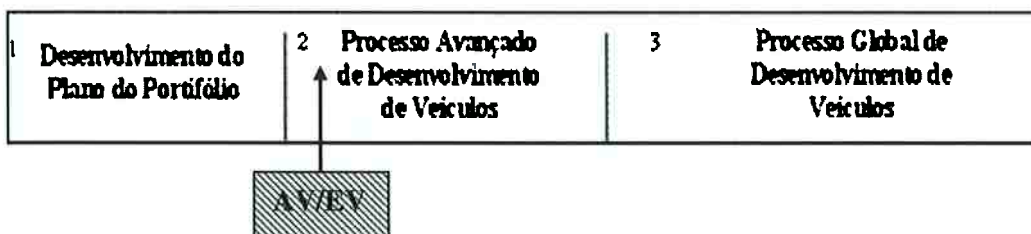


Figura 10 - Proposta da aplicação da AV/EV na estrutura cronológica do desenvolvimento de veículos.

Nessa fase o custo de modificação de Engenharia é baixo e a oportunidade de redução de custo é alta.

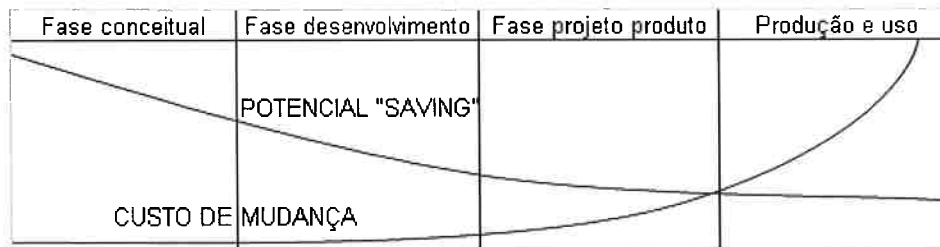
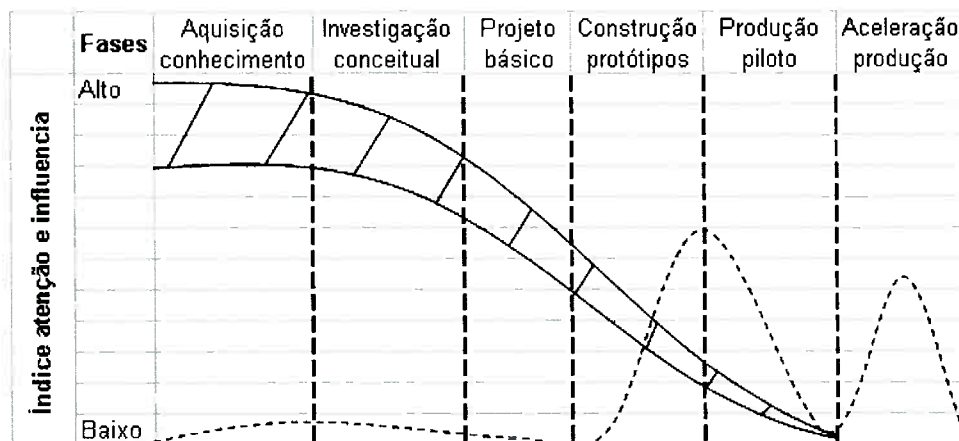


Figura 11- Curvas evolução de custos no desenvolvimento. CLARK e WHEELWRIGHT (1993).

Além disso, a habilidade para os gestores influenciarem os resultados de um desenvolvimento de projeto na fase conceitual é alto. Inversamente, o perfil de atividade atual dos gestores é baixo nessa fase, o que é propício para o gerenciamento de atividades preventivas.



Habilidade para os gestores influenciarem os resultados.



Perfil de atividade atual dos gestores.

Figura 12- Habilidade de influência nos resultados do projeto. CLARK e WHEELWRIGHT (1993).

4.4 Ações demandada para a implementação

Para implementação da metodologia proposta na empresa são necessárias as seguintes ações:

- Aceitação do grupo executivo/ gestores da empresa do propósito de implementação da AV/EV no PDP;
- Aplicação da máscara AV/EV respeitando a seqüência de cada fase;
- Envolvimento do time em "workshop" para a geração de idéias;
- Busca de comprometimento do time na fase de formação do time.
- Reforço e treinamento do time de estimativa de custos para o conhecimento de novas tecnologias, por exemplo, novos processos de fabricação e materiais menos comuns.

4.5 Realização de piloto na empresa estudada

Visando a aplicação da AV/EV na empresa, realizou se, passo a passo, a metodologia proposta e de forma cronológica, conforme mostrado no Estudo de casos no capítulo 6.2. Isso possibilitou identificar a melhor maneira para aplicação e implementação da AV/EV na empresa estudada. Possibilitou ainda entender o ponto de vista dos diversos departamentos bem como do fornecedor. Apesar do Estudo de caso ter sido realizado com o subsistema Linha de ar condicionado, o conceito pode ser aplicado em qualquer produto, pertencente ou não ao setor automobilístico.

5 CONCLUSÕES

No desenvolvimento de novos veículos não se busca satisfazer às necessidades funcionais de determinado sistema, busca-se uma série de requisitos muito genéricos, por exemplo, o atendimento de normas que demandam muitas vezes um desempenho além do exigido pelo mercado. Da mesma forma os critérios de projeto são muito abrangentes, podendo ser úteis para modelos de veículos do segmento grande, porém impedem a implementação de propostas mais viáveis em veículos de seguimentos menores que são os mais sensíveis à variação de custo. Portanto é recomendado a reavaliação das ferramentas, normas e procedimentos aplicados no PDP da empresa estudada.

A entrevista com o grupo do departamento de PVO no item anexo comprovou que componentes sem função relevante estão sendo produzidos em alta escala, gerando custos desnecessários;

- Na etapa de geração de idéias, o Workshop com os departamentos “Teardown”, “Product Value Optimization” (PVO), Engenharia de Materiais e Manufatura trouxe várias idéias de redução de custo;
- Há uma “carência” de recursos humanos habilitados para realizar estimativas de custos na velocidade em que se demanda, sejam para custos relacionados ao processo de Manufatura, ou para o produto. Ocorre ainda a dependência do fornecedor para estimativa de custos de componentes alternativos;
- O potencial de redução de custos do produto antes do lançamento no mercado é maior do que a realização de otimização após o lançamento do produto no mercado.

- Selecionar materiais menos nobres nem sempre é viável, pois a sua fragilidade requer novas formas de design para atender os requisitos de desempenho esperado em Análise Estrutural de Elementos Finitos. Nesse caso foi necessário diversas etapas de aprimoramento do projeto para compensar a fragilidade da peça através da melhoria do design da mesma, sem aumentar sua massa em demasia;
- Não foi possível envolver o grupo de Estilo nas atividades realizadas no estudo de caso, pois não houve geração de idéias sobre função de estíma e que requeresse maximização do valor;
- A dificuldade na obtenção dos dados de custo de componentes é um fator limitante para realização de AV/EV no desenvolvimento de produtos.
- Não houve a necessidade de envolvimento do grupo de Marketing, devido à simplicidade do subsistema utilizado, linhas de ar condicionado. Sendo assim não houve a necessidade de gerar funções adicionais nesse subsistema.

6 ANEXOS

6.1 Entrevista na área de Otimização do Valor do Produto (PVO)

Na empresa estudada, o departamento PVO é responsável por avaliar, validar e implementar propostas que oferecem oportunidade de redução de custo de produtos em produção, sem contudo afetar sua qualidade. Esse departamento foi criado em 2002 e tem por objetivo otimizar o produto, ou seja trabalhar em oportunidades de redução de custo. Foi realizada uma entrevista com o diretor da área de PVO, que contribuiu com esse estudo respondendo as seguintes perguntas. As respostas se encontram destacadas com um traço na frente da alternativa.

1) O departamento de PVO normalmente elimina / modifica muitos componentes desnecessários (sem função significativa)?

- Sim;

Não

2) Qual o maior desafio da área PVO atualmente?

Oportunidades de localização;

Aperfeiçoar sistemas;

Oportunidades de importação;

Obter um "Business case" positivo;

Obter uma Análise de Valor do grupo Teardown;

Atender a exigências de Vehicle Technical Specification (VTS);

Atender as especificações de materiais;

Falta de apoio do grupo de desenvolvimento "Heating Ventilation Air Conditioning & Powertrain Cooling" (HVAC&PTC);

Acumular milhagem em carros de frota;

Obter aprovação financeira para realizar teste de durabilidade G4;

- Outro: Identificar propostas com alto resultado de contribuição versus recursos de desenvolvimento/validação simplificados.

3) De onde provem as melhores oportunidades para o PVO?

- "Teardown";
Fornecedor;
Localização;
Oportunidades de importação;
Processo de sugestão;
Outro:

4) Qual dos sistemas abaixo é o mais otimizado por PVO?

- EE Eletrônica Elétrica;
HVAC Ar condicionado, aquecimento e ventilação/ "Powertrain cooling";
Chassis;
Interior;

Exterior.

5) Durante as fases de desenvolvimento de novos produtos, o que você recomendaria para o departamento de desenvolvimento para que aperfeiçoem ou reduzam custos de peças?

Estratégia de reuso;

Comunização;

- Outro: A análise do documento de gerenciamento de custos como uma ferramenta para identificar o melhor conceito a ser aplicado num novo projeto.

6) Como melhorar o desempenho do departamento PVO, além de objetivos de redução de custo estabelecidos anualmente?

Aumentado o número de integrantes da equipe;

Melhorando a comunicação entre os engenheiros de PVO e Engenheiros de desenvolvimento;

Os objetivos já são agressivos;

- Outro: Em minha opinião, toda a Engenharia de Produtos precisa identificar como integrar as idéias de PVO no desenvolvimento de novos produtos antes deles avançarem. Fazendo isso estaríamos prontos para redirecionar a estrutura de PVO para novas abordagens como novas tecnologias e ou novos segmentos específicos de mercado, ou cenários (por exemplo: oportunidades de importação, benchmark com concorrentes, etc...).

Analisando as respostas da entrevista é possível verificar que o processo de desenvolvimento de produtos existente na empresa estudada não promove a capacidade para desenvolver novos produtos otimizados desde sua fase de concepção. Percebe-se também que há oportunidades de se aplicar técnicas similares de otimização do valor do produto também para o desenvolvimento de novos produtos, de forma a diminuir os custos. Percebe-se ainda a existência de componentes sem função significativa em produção, gerando gastos desnecessários para a empresa.

Outra oportunidade identificada é o potencial do “Teardown” na geração de propostas de redução de custos.

6.2 Estudo de caso- Aplicação da AV/EV para otimização da Linha de AC

O estudo de caso de otimização da Linha de ar condicionado veicular visa apresentar a aplicação da AV/EV no ambiente de Engenharia do Produto de uma empresa, de forma a demonstrar sua utilidade e aplicabilidade para o desenvolvimento qualquer peça ou sistema.

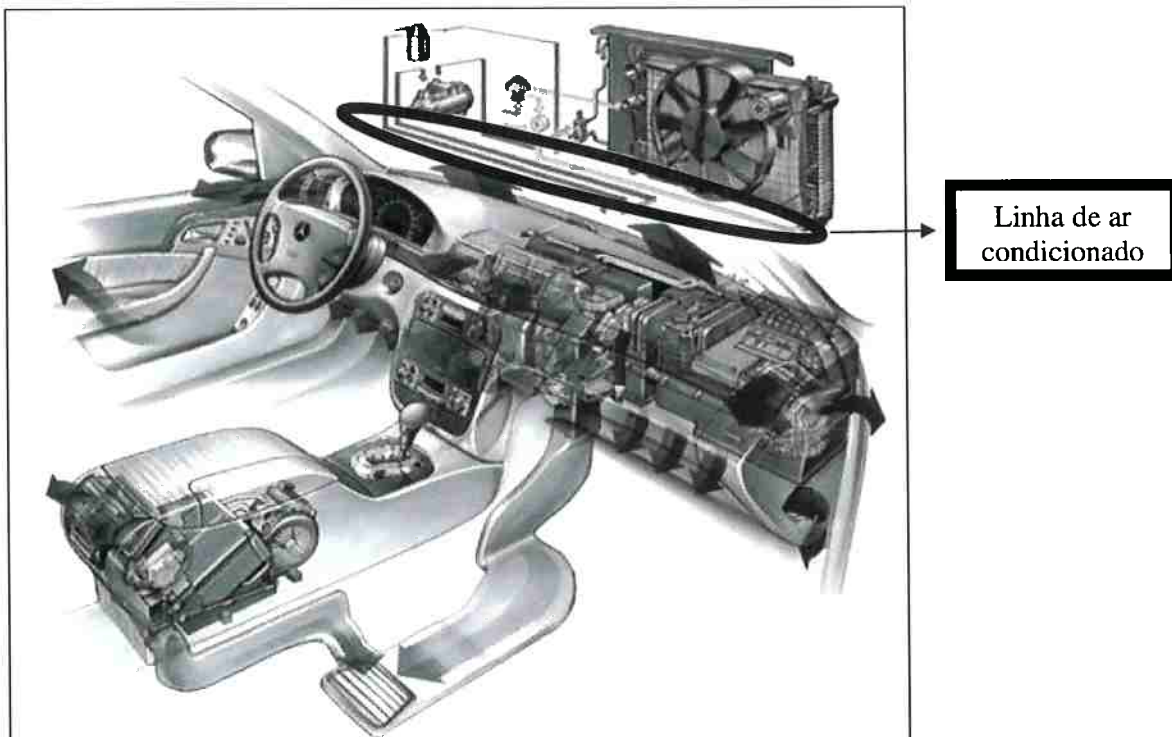
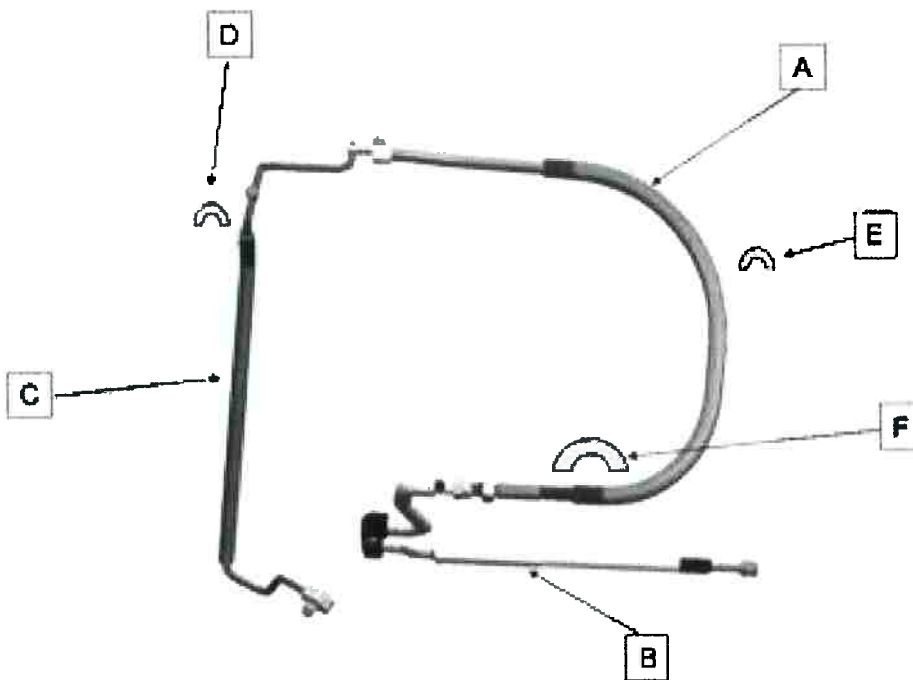


Figura 13- Sistema térmico veicular. Em destaque, circulado, a Linha de ar condicionado. Behr (2006)

A Linha de Ar Condicionado (AC) é uma tubulação que tem a função identificadora de conduzir gás. Sua aplicação é presente em veículos de passeio, veículos comerciais e outros meios de transporte. Esse subsistema está presente quando o veículo é equipado com ar condicionado. A seguir é apresentada a relação de componentes mais comuns:



A- Mangueria evaporador

B- Mangueria compressor

C- Tubo líquido

D- Presilha tubo líquido

E- Espaçador mangueria evaporador

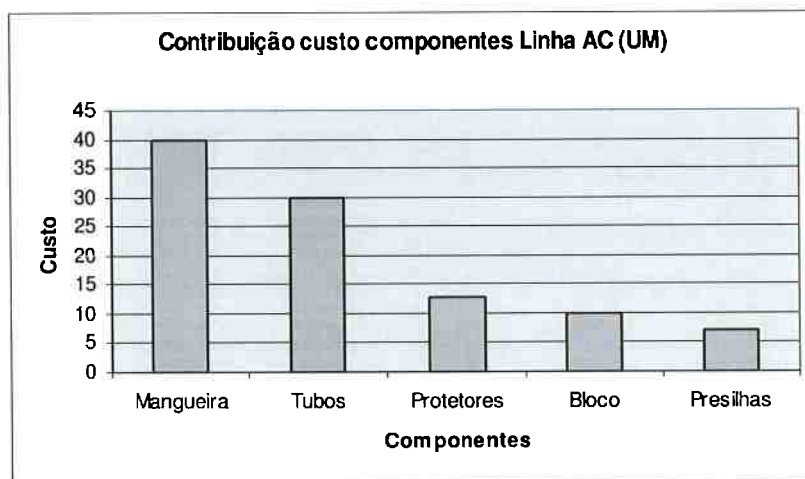
F- Suporte mangueria evaporador

Figura 14- Subsistema Linha de ar condicionado automotivo. PROCESSO (2006)

Um dos fatores que dificultam a aplicação da AV/EV nas empresas é a confidencialidade de dados de custos e a dificuldade de obtenção do desdobramento de custos dos componentes, conhecido como "breakdown".

Visando manter tal confidencialidade de informações, os valores dos componentes apresentados a seguir são mostrados em forma de “pareto” para facilitar a visualização, e se encontram em forma de unidades monetárias, sendo que o subsistema Linha de AC vale 100 unidades monetárias (UM) e os componentes se encontram em forma percentual.

Tabela 11- Gráfico de contribuição de custo dos componentes da Linha de AC.



6.2.1 Lista de funções inicial da Linha AC

Através do desmembramento das partes de um conjunto, obteve-se as funções dos componentes, descritas com o verbo no infinitivo + substantivo. Funções devem sempre exercer uma ação positiva. É recomendada também a inclusão de funções indesejadas na forma negativa.

Tabela 12- Lista de funções inicial Linha AC.

ENGENHARIA DO VALOR- PLANO DE TRABALHO			
FASE:		Informação	
GRUPO DE PROJETO:		Linha de ar condicionado	
ITEM	NOME COMPONENTE	QUAL A FUNÇÃO DO COMPONENTE?	
		VERBO	SUBSTANTIVO
		fixar	tubo
		resistir	esforços
		espaçar	tubos
		conduzir	gás
		manter	rota
		gerar	ruido
		resistir	vazamento
		prover	estética
		vedar	conexão
		poteger	conexão
		prover	montagem
		fixar	válvula
		prover	manutenção
		vedar	gás
		prover	desencaixe
		prover	encaixe
		fixar	sensor
		detectar	pressão
		conectar	chicote
		poteger	tubo
		aderir	tubo
		conectar	tubo
		fixar	pressostato
		apoiar	prensagem
		resistir	vibração
		juntar	partes
		garantir	performance
		abafar	ruido
		resistir	temperatura
		ocupar	espaço
		fixar	proteção
		garantir	performance

6.2.2 Lista de funções simplificada da Linha AC

Tabela 13- Lista de funções simplificada da Linha AC.

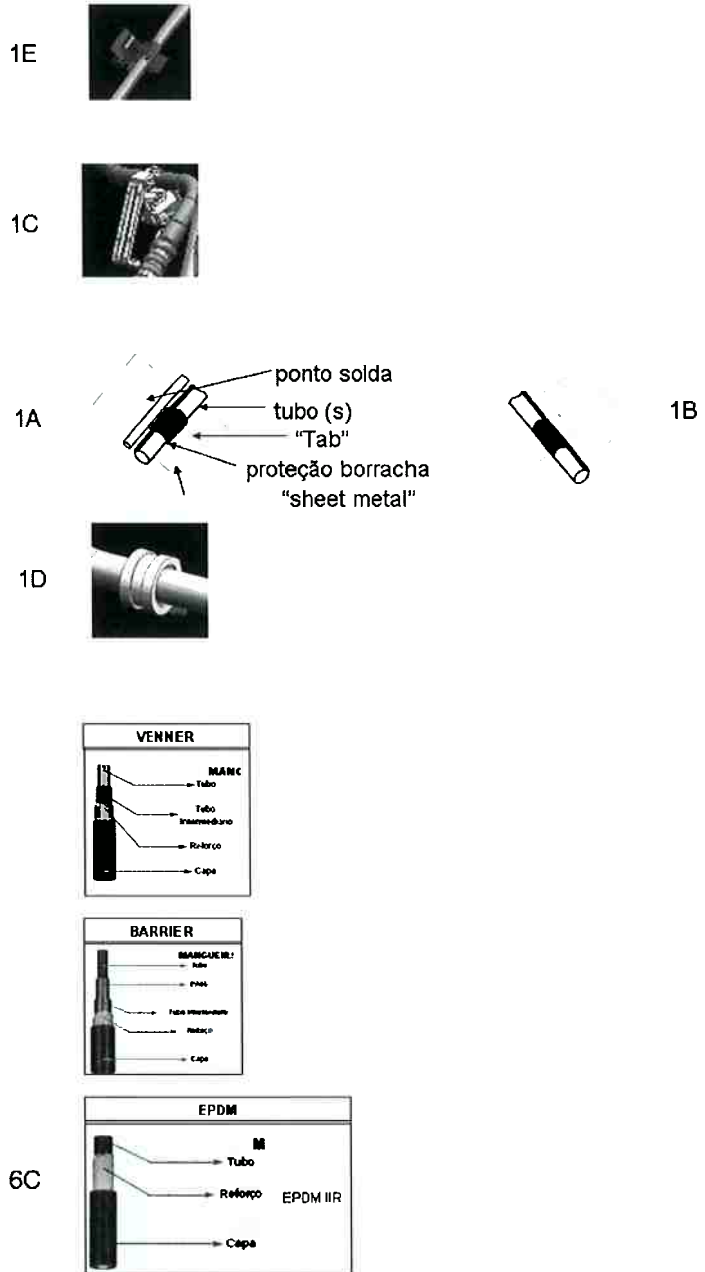
ENGENHARIA DO VALOR- PLANO DE TRABALHO						
FASE:	Informação					
GRUPO DE PROJETO:	Linha de ar condicionado					
QUAL A FUNÇÃO DO COMPONENTE?		CLASSIFICAÇÃO				
VERBO	SUBSTANTIVO	ID/ A	E/ U	R/ I	IN	
fixar	componente	A	U	I		
resistir	esforços	A	U	R		
resistir	vibração	A	U	I		
resistir	temperatura	A	U	I		
espaçar	componente	A	U	I		
conduzir	gás	ID	U	R		
manter	rota	A	U	I		
gerar	ruído	A	U	I	IN	
prover	estética	A	E	R		
prover	montabilidade	A	U	I		
vedar	gás	A	U	I		
detectar	pressão	A	U	I		
poteger	componente	A	U	I		
aderir	componente	A	U	I		
apoiar	prensagem	A	U	I		
garantir	performance	A	U	R		
abafar	ruído	A	U	R		
ocupar	espaço	A	U	I		
prover	referência	A	U	I		

Legenda classificação da função	
ID	identificadora
A	agregada
E	estima
U	uso
I	irrelevante
R	relevante
In	indesejável

Tabela 14- Lista de geração de idéias.

O QUE MAIS FAZ A FUNÇÃO ?		
Alternativa	Idéias	Esboço
tab dobrável no sheet metal-1	1A	Esboço pr
chapa metálica dobrável c/ pto solda-2	1B	
trocar suporte por clipe menor- 4	1C	
furo o sheet metal c/ presilha encaixe , sem stud weld	1D	
trocar por presilha pn 90459664/90373148 pela pn 90373148	1E	
NI	2	
NI	3	
mudar a rota da mangueira p/ afastar	4A	
papel alumínio	4B	
proteção borracha	5A	
reduzir comp. mangueira borracha e aumentar comp. Al	6A	
trocar por material HNBR e remover a proteção térmica	6B	
reduzir diâmetro de 12 para 8 mm	6C	
mangueira não pré formada	7A	
evitar curva próxima ao bloco. Curva raio maior	8A	
NI	9	
eliminar blockfitting, mudar fixação compressor para baixo e m	10A	
remover bloco brazado e adicionar trava no bloco	10B	
Tab dobrável no sheet metal	10C	
chapa metálica soldada	10D	
TXV menor, Renaut, Honda	10E	
NI	11	
NI	12	
borracha expandida	13A	
corrugado plástico	13B	
EPDM	13C	
termo retrátil	13D	
fixar com fita adesiva de pano	14A	
NI	15	
NI	16	
mufler espiral	17A	
eliminar silencioso	17B	
NI	18	
marcar c/ caneta de tinta amarela	19A	

Figura 15- Esboço das alternativas geradas.



6.2.4 Análise técnica Linha AC

Tabela 16- Planilha análise técnica das propostas da Linha AC

SELEÇÃO TÉCNICA DAS PROPOSTAS			
Especificação	Vantagem	Desvantagem	Avaliação técnica
FEA >= 32 Hz	eliminação de componentes	pode gerar ruído	OK
	eliminação de componentes	pode gerar ruído	OK
	massa	fragilidade do clip menor	OK
	massa	eliminação componente	OK
	massa	fragilidade do clip menor	OK
NA	NA	NA	NA
NA	NA	NA	NA
>= 140°C	eliminação de componentes	depende do lay out	OK
	massa, talvez custo	não atende norma de validação do protetor	OK
NI	NI	pode gerar interferência	NOK
FEA >= 32 Hz	NI	crítico para análise estrutural	OK
>= 140°C	NI	depende do lay out e o HNBR suporta até 130 °C	OK
500 psi	massa, elasticidade	não atende normas teste. Muda processo.	OK
NI	simplifica processo	depende layout	OK
até 3 dB	NI	depende layout	OK
paralelo eixo X e Y	NI	NI	NA
NI	eliminação componente	especificação compressor não permite	NOK
FEA >= 32 Hz	simplifica processo	NI	OK
	eliminação componente	pode gerar ruído	OK
	eliminação componente	pode gerar ruído	OK
	massa	não aplicar a estratégia TXV global	NOK
	NI	NI	NI
NI	NI	NI	NA
NI	NI	não resiste a abrasão	OK
NI	proteção à abrasão e impacto	NI	OK
NI	proteção à abrasão e impacto	NI	OK
NI	NI	não resiste a abrasão, impacto e a temperatura < 125°C	NOK
NI	NI	não resiste a alta temperatura	NOK
NI	NI	NI	NA
NI	NI	NI	NA
NI	livra espaço no lay out	não validado	OK
NI	eliminação componente	pode gerar reclamação campo	OK
NI	NI	NI	OK
NI	simplifica processo	NI	OK
Legenda			
		NA	Não Aplicado
		NI	Não Identificado
		OK	Aprovado
		NOK	Reprovado

6.2.5 Análise financeira das propostas da Linha AC.

A estimativa de custos foi baseada nos dados informados pelo fornecedor. Cada proposta foi discutida no “workshop” de maneira que o time de AV/EV pode contribuir na análise. A presença do departamento de Compras e Finanças da empresa foi fundamental para o preenchimento da planilha.

Tabela 17- Tabela análise financeira.

QUANTO CUSTARIA ? (UNIDADES MONETÁRIAS)												
MATERIAL DIRETO					FABRICAÇÃO					LOGISTICO		CUSTO POR VEÍCULO
MATÉRIA PRIMA	Qtde.	Unid.	custo/Unid.	Total	PROCESSO	Máq.	Tempo/Seg	custo/h	Total	EMBALAGEM	Total	
30 redução custo	2			2	1				1		0	3
30 redução custo	1			1	0				0		0	1
6 redução custo	1			70	10% acréscimo				8			78
	1										0	
	1											
10 redução custo	1			3					1		0	4
20 redução custo	1			1								2,5
9 redução custo	4			4	5% acréscimo				-1		0	3
1 redução custo	1			0,5					0,5		0	1
3 redução custo	1			0,5					2,5		0	3
0%	1								0			95,5

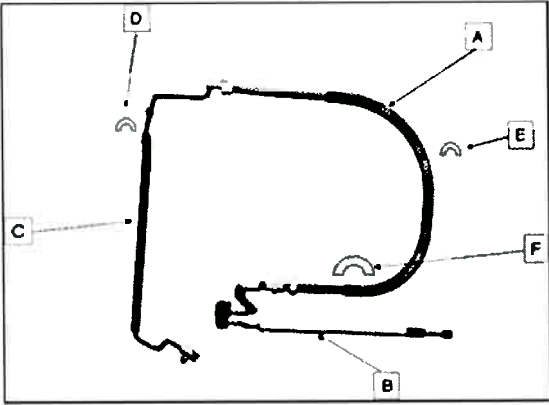
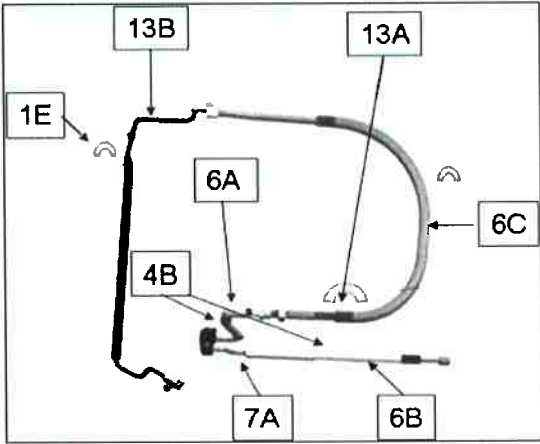
6.2.6 Tabela custo por função Linha AC

A tabela custo por função repartiu-se os custos por função e por componente. Dessa forma atribui-se o custo para o componente executar determinada função. Na coluna importância, atribuiu-se diferente peso para de acordo com o grau de importância da função.

6.2.7 Recomendação AV/EV da Linha AC

O resultado do trabalho foi apresentado a seguir através da Tabela 18. Todas as alternativas trabalhadas geraram 4,5 % de redução do custo do subsistema Linha de AC. A planilha Recomendação AV/EV da Linha AC foi apresentada aos gestores da empresa onde o trabalho foi realizado, e recebeu a aprovação para implementação. O sucesso do trabalho foi alcançado devido à contribuição do time AV/EV e do apoio dos gestores da empresa.

Tabela 18- Planilha de recomendação AV/EV.

RECOMENDAÇÃO ENGENHARIA DO VALOR		
Projeto: Tabajara	data:	2007
Item: Linha de Ar condicionado		
PROJETO ORIGINAL		
		
PROJETO PROPOSTO (Anexar rascunhos onde aplicável)		
		
DISCUSSÃO (Vantagens e desvantagens)		
Apesar de reduzir a "robustez" do das peças, a novo sub sistema proposto foi submetido a testes de durabilidade, o que até o momento não apresentou nenhuma desvantagem em relação ao subsistema original.		
RESUMO DE CUSTOS		
	Inicial	Anual
Original Unidade Monetária (UM)	100	100* Volume
Proposto (custo por veículo em UM)	95,5	95* Volume
REDUÇÃO CUSTO (UM)	4,5	4,5
Investimento	0	0
Retorno sobre investimento	0	0

7 LISTA DE REFERÊNCIAS

7.1 Referências aplicadas

BRUNSTEIN I.. Economia de Empresas: **Gestão Econômica de Negócios**. São Paulo: Editora Atlas, 2005.

CLARK K. B.; WHEELWRIGHT, S. C.. **Managing New Product and Process Development**. USA: Simon & Schuster Inc., 1993.

COOPER R.; SLAGMULDER R.. **Target costing and value engineering**. Portland, 1997.

COSTA, C.C.E.G. **A engenharia simultânea em empresas do setor industrial brasileiro: sua utilização e alternativa de difusão**. Dissertação (Mestrado)- Centro Federal de educação Tecnológica do Paraná. Paraná, 1998.

CSILLAG, J. M.. **Análise do valor: metodologia do valor, engenharia do valor**. São Paulo: Editora Atlas, 1985.

DELL'ISOLA, PE. A.. **Value Engineeing: Pratical Applications for Design...** Kingston: RS Means, 1997.

FOWLER, C.T.. **Value Analysis in Design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.

FURLANETTO O.; MASSARANI, M.. **Engenharia do Valor aplicada na determinação do Custo-Alvo**. In: CONGRESSO SAE, São Paulo, 2004. Anais. São Paulo: [S.l.:s.n.], 2004. artigo no.125.

FURLANETTO O. **Elaboração do custo alvo no desenvolvimento de produtos automotivos pela análise funcional da Engenharia do Valor**. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva)- Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

IBUSUKI U. . **Engenharia do valor e custeio-alvo como metodologia de trabalho no processo de desenvolvimento de produtos: Estudo de caso aplicado em uma montadora de veículos.** Trabalho de Curso (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

KAMINSKI, P.C. **Desenvolvimento de produtos com planejamento, criatividade e qualidade.** Rio de Janeiro: Livros Técnico Científicos Editora. 2000.

PARK R. J.. **Value Engineering: A Plan for Invention.** Michigan: St. Lucie Press, 1999.

PIMENTA Angela; MEYER Carolina; PADUAN Roberta. **800 milhões de novos consumidores.** Revista Exame, São Paulo, 2 de agosto de 2006. Ano 40, número 15, edição 873, pagina 23. Revista.

PROCESSO de Gerenciamento de Custos de Desenvolvimento de Produtos: Manual do Participante. [S.l.:s.n.], 2006.

McNAIR, C.J. **Maximizando o Lucro Final.** São Paulo: Makron books, 2000.

MILES L. D.. **Techniques of Value Analysis and Engineering.** New York: McGrawHill , 1961

PORTER M.E. **Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior.** 5 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1985.

NEVES A.F. **Sistemas de Apuração de Custo Industrial.** São Paulo: Atlas, 1981.

REKLAITIS G.V.; RAGSDALL K.M.; RAVINDRAN A.. **Engineering Optimization.** Canada, [s.n.] 1983.

SHILLITO, M. L; DAVID J. M.. **Value its Measurement, Design & Management.** Canada: Wiley Interscience, 1992.

SOBRAL, M.A. **Gestão do desenvolvimento de produtos: Um contraste entre desenvolvimento conjunto e desenvolvimento interno.** São Paulo. [s.n.], 2003.

7.2 Referências complementares

- ABREU, R.C.L. **Análise do valor: um caminho criativo para a otimização dos custos e do uso de recursos.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1995
- CURY, R. M. **Modelo para seleção de materiais em projetos de produtos industriais.** Dissertação Mestrado Engenharia de Produção- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993. 110 p.
- DIETER, G. E. **Engineering design, a material and processing approach.** 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1991.721 p.
- DINSMORE, P.C. **Gerencia de Programas e Projetos.** São Paulo: Editora Pini Ltda. 1992.
- DUALIBI, R; SIMONSEM, J. R.. **Criatividade & Marketing.** São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil, 2000.
- FOWLER, C.T. **Value Analysis in Design.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.
- HELLER, E.D. **Value management: value engineering and cost reduction.** Menlo Park, California: Addison-Wesley. 1971.
- KELLER, M. **Colisão. GM, Toyota, Volkswagen: a corrida para dominar o século XXI.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994.
- KUGLIANSKAS, I. **Estratégia empresarial para compreensão do ciclo de vida de projeto: engenharia simultânea e técnicas associadas.** In. SIMPÓSIO DE GESTÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 18. São Paulo, 1994. Anais. São Paulo: USP/NPGCT/FIA/PACTO, 1994.

MASSARANI, M.; MATTOS, F.C. de. **A engenharia do valor no desenvolvimento contínuo de produtos.** In: INTERNATIONAL MOBILITY TECHNOLOGY In. CONFERENCE AND EXHIBIT, 7., São Paulo, 1999. SAE Brasil 98. São Paulo: SAE, 1998. (Paper, 982953P)

_____. **Apostila do curso de mestrado profissionalizante: Engenharia do valor.** São Paulo: EPUSP, 2006.

_____. **Engenharia do valor como instrumento de qualidade no desenvolvimento de produtos Mecânicos.** In: SIMPÓSIO SE. [ca. 2006]

_____. **Reformulação de projeto de produtos mecânicos através de técnicas de análise e engenharia do valor (AV/EV).** In: INTERNATIONAL [ca. 2006]

SCHNEIDER, H.M. **Colaborando através da engenharia simultânea para inovação.** In. SIMPÓSIO DE GESTÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 18. São Paulo, 1994. Anais. São Paulo: USP/NPGCT/FIA/PACTO, 1994.

SOBEK II, D.K.; WARD, A.C.; LIKER, J.K. **Toyota's principles of set-based concurrent engineering.** Sloan Management Review. 40 v. , Issue 2 , Winter 1999.