VALTER SEQUERO PRIETO JUNIOR

**PROJETOS AUTOMOTIVOS:
PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE
TEMPO DE DESENVOLVIMENTO**

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

São Paulo
2002

VALTER SEQUERO PRIETO JUNIOR

**PROJETOS AUTOMOTIVOS:
PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE
TEMPO DE DESENVOLVIMENTO**

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

Área de Concentração:
Engenharia Automotiva
(Mestrado Profissional)

Orientador:
Prof. Dr.
Marcelo Massarani

São Paulo

2002

Dedico este trabalho a todos que apreciam a indústria automotiva e a vêem como um medidor do desenvolvimento de uma Nação.

AGRADECIMENTOS

A todos meus familiares e amigos que me ajudaram durante o período de desenvolvimento desse trabalho, em especial minha esposa.

Aos grandes gurus da indústria automotiva, principalmente aos entusiastas dos automóveis, que nos fornecem idéias maravilhosas e a lição mais importante para uma vida profissional: gostar do que se faz.

A General Motors do Brasil, onde aprendi praticamente tudo que sei sobre projetos automotivos.

Ao Prof. Dr. Marcelo Massarani, pelo grande apoio e incentivo, além da amizade.

RESUMO

O presente trabalho destina-se a resumir o processo de desenvolvimento de automóveis, mostrando os vários itens que influenciam na velocidade deste desenvolvimento, e propor uma base de raciocínio para se diminuir o tempo total para o projeto.

A seqüência de projeto de um grande fabricante é detalhada, e o estado-da-arte em projetos automotivos é mostrado, para se formar uma base de informações que ajudarão a melhor compreender as propostas apresentadas no final.

Estas propostas serão mostradas de forma resumida e simples, para que não haja excessivas dificuldades no entendimento, e as mesmas não devem ser tomadas como verdades irrestritas, pois tratou-se de abranger o assunto de forma genérica, já que não há compêndios que tenham reunido as informações aqui presentes.

ABSTRACT

The present volume is destined to summarize the development process of automobiles, showing the many items responsible for speed up this development, and make a proposal for a thinking basis to shorten development time.

The sequence of project inside a big car-maker is discussed, and the state-of-art in terms of automotive projects is shown, to form a basis aiming better understand the proposals presented on final part.

These proposals are listed in a simple and short way, to make comprehension easy, and should not be taken as granted, since a generic line was adopted in this work, due to absence of publications showing all information as gathered here.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 A Chrysler e o Dodge Daytona/ Plymouth Superbird	2
1.2 General Motors e as plataformas dos anos 50	5
2 O QUE É PROJETO ?	7
2.1 Fases de desenvolvimento de um projeto	9
2.1.1 Estabelecimento das especificações requeridas	9
2.1.2 Desenho dos sistemas e formação da estrutura	11
2.1.3 Estabelecimento da organização operacional	12
2.1.4 Síntese de projeto (documentação)	13
2.2 Sequência de projeto de uma grande montadora	14
2.2.1 Planejamento	14
2.2.2 A criação do produto	15
3 VANTAGENS DE UM PROJETO COM TEMPO DE DESENVOLVIMENTO REDUZIDO	18
4 CONDIÇÕES PARA UM PROJETO RÁPIDO	23
4.1 Porquê a necessidade de ser rápido ?	25
4.2 Os objetivos para o futuro	27
5 EM BUSCA DO PROJETO RÁPIDO	29
5.1 Qual o prazo ideal ?	29
6 REALIDADE VIRTUAL	32
6.1 Simulações em projetos nas indústrias	34
6.1.1 O DMAPS	35

6.1.2 Toyota	36
6.1.3 General Motors	37
6.1.4 DaimlerChrysler	38
6.1.5 Audi	39
6.1.6 Ford	39
6.2 <i>Digital Mock-up</i>	41
6.3 Progressos para curto prazo	42
7 BANCOS DE DADOS PARA PROJETOS	44
8 TESTES VIRTUAIS VERSUS REAIS	47
8.1 Limite do virtual e do real – protótipos	49
9 PARCERIA COM FORNECEDORES	56
10 <i>BUILD-TO-ORDER</i>	61
10.1 As barreiras ao <i>build-to-order</i>	63
10.2 Os requisitos do <i>build-to-order</i>	63
10.2.1 Informação	63
10.2.2 Visibilidade das informações	63
10.2.3 Confiabilidade na planta	64
10.2.4 Padronização dos produtos	64
10.2.5 Integração entre fornecedores e montadoras	65
11 PROTOTIPAÇÃO RÁPIDA	66
12 A APROVAÇÃO RÁPIDA PARA O PROJETO RÁPIDO	68
13 A PROPOSTA PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE PROJETO	70
13.1 O que deve ser considerado nesta proposta	71
13.2 Fundamentos da proposta	78
13.3 Resumo da proposta	86
14 CONCLUSÕES	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
APÊNDICE	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dodge Charger. O veículo foi modificado em túnel de vento e transformou-se na figura 2.....	4
Figura 2 – Dodge Daytona. Notar a carenagem dianteira e o aerofólio traseiro.....	4
Figura 3 – Aeronave Boeing 707 banco de testes, com motor fixado na lateral da fuselagem.....	52
Figura 4 – Acima: modelo SLR.Abaixo: mula do SLR com carroceria do TVR modificada. Notar o bulbo no capô dianteiro e o pára-lama dianteiro alterados.....	53
Figura 5 – A plataforma AUTOmomy e seus pontos principais.....	apêndice
Figura 6 – AUTOmomy apresentado como modelo estático.....	apêndice

LISTA DE TABELAS

Tabela I – Resumo da proposta de projeto rápido.....	88
--	----

1 INTRODUÇÃO - DOIS EXEMPLOS VÁLIDOS

Em uma pesquisa realizada com fabricantes de diversos bens de consumo [1], a pergunta feita foi: qual é a principal meta de sua empresa em relação aos seus produtos?

As respostas foram bastante claras no se refere à velocidade de desenvolvimento.

A maioria, 74%, querem reduzir o tempo de projeto, 48% preferem reduzir custos e 32% precisam melhorar a qualidade.

Estes mesmos fabricantes afirmam que a área de Desenvolvimento de Produto é o principal alvo para se reduzir tempo para o produto chegar no mercado (38%), e só 24% disseram que a área de Vendas e pedidos poderia aumentar a participação no mercado (obviamente esse dado não se aplica à indústria automotiva), ao passo que 18% acham que a área de Planejamento pode auxiliar na velocidade.

Fica claro, então, que a velocidade que um projeto é realizado é de vital importância para as empresas.

Este trabalho está estruturado de forma a mostrar de maneira simplificada e genérica o processo de desenvolvimento de automóveis. Muitas variações nesse processo poderão ser encontradas de acordo com a montadora de veículos que for tomada como referência, mas as explicações apresentadas são válidas para todos os fabricantes.

Este processo será mostrado com ênfase no assunto tempo e velocidade de projeto, com alguns exemplos para auxiliar o entendimento.

A parte final do trabalho considera as diversas necessidades das áreas de uma empresa, quando da elaboração e efetivação de um novo produto automotivo, e mostra uma base sobre o que deve ser pensado e feito para se acelerar um projeto. Esta é a proposta desta dissertação.

Para iniciar o assunto, são mostrados a seguir dois exemplos a respeito de projetos rápidos, um gerado por necessidade específica e veículos de baixa produção e outro mostrando o que era feito para se desenvolver rapidamente veículos de produção em massa.

1.1 A Chrysler e o Dodge Daytona / Plymouth Superbird

Há alguns anos, a Chrysler Motor Company, dos Estados Unidos estava decidida a vencer o campeonato de “*Stock-Cars*” americano. Esse campeonato era disputado com carros de estoque, ou seja, produção normal para venda em mercado [2,3]. Seus modelos para as corridas eram o Dodge Charger 500 (Fig. 1) e o Plymouth Road Runner, bons carros para competição, mas que não conseguiam sobrepujar o competidor da Ford, o Torino.

A direção da empresa, em um exercício de pragmatismo como raras vezes visto até então, formou um grupo multi-funcional para analisar as possibilidades de melhora a partir do produto existente.

Este grupo era formado por apenas seis pessoas, e rapidamente chegaram à conclusão de que um caminho que poderia ser explorado nesse tipo de corrida, era a melhora das características de aerodinâmica.

A aerodinâmica aplicada a veículos terrestres visa principalmente diminuir a resistência ao avanço, quando o veículo se desloca através do ar. Apesar de muito difundida atualmente, em 1969, quando este fato ocorria, era pouco considerada, principalmente nos automóveis americanos.

Até então, nenhuma mudança drástica nesse sentido fora tentada, tanto por falta de pesquisa mais aprofundada, quanto por estratégia de marketing, que necessitava de um veículo com aparência próxima do vendido ao público participando das corridas. Partiu-se, então, para um projeto de melhora das características de penetração no ar sobre os dois modelos, deixando de lado a parte mecânica, de motor e transmissão, já suficientemente fortes e confiáveis. Obviamente para isso, o grupo de engenharia foi substancialmente maior que os originais seis elementos, mas mesmo assim era bastante compacto, não chegando a trinta pessoas.

O resultado que se seguiu foi uma revolução, nada menos do que isso. Princípios físicos já bastante conhecidos, sendo desenvolvidos e aplicados experimentalmente e com um investimento relativamente pequeno, por uma pequena equipe de pessoas, que levou às vitórias e ao objetivo final, o campeonato da categoria, já no ano seguinte. A nova versão com melhores características aerodinâmicas do Charger passou a se chamar Daytona, homônimo da pista de corridas na Flórida, onde se

disputa a mais concorrida e famosa prova do campeonato de *Stock-Cars* norte-americano. (Fig. 2)

Também a versão da divisão Plymouth, o Superbird, foi gerado neste trabalho. Ambos carros são praticamente idênticos, diferenciando-se em detalhes de acabamento.

E a partir daí, entramos no ponto principal deste trabalho: a velocidade e sucesso do projeto final, comprovada pelas vitórias e pelos veículos que foram vendidos ao público.

A decisão de construir um carro campeão foi tomada em fevereiro de 1969, e o veículo fez sua primeira corrida em setembro do mesmo ano. Aproximadamente oito meses desde a aprovação de conceito até a construção e utilização do produto.

Além do compromisso de colocar o carro nas pistas, os engenheiros tiveram que trabalhar para atender à necessidade de homologá-lo para o mercado, pois as regras do campeonato exigiam a produção de no mínimo quinhentas unidades.

Essa exigência levou à necessidade de se pensar também na qualidade, pois os carros a serem vendidos para uso rodoviário deveriam atender aos padrões correntes na época. De nada adiantaria modificar de forma amadora um carro bem vendido, sem levar em conta que o mesmo deveria atender ao gosto do consumidor, e torná-lo um problema para o cliente. O trabalho teria que ser bem feito, em tempo recorde. E foi.

Fig.1. Dodge Charger. O veículo foi modificado em túnel de vento e transformou-se no mostrado na Figura 2 [61].

Fig. 2. Dodge Daytona. Note a carenagem dianteira e o aerofólio traseiro [61].

1.2 General Motors e as plataformas dos anos cinquenta

Nos idos dos anos cinquenta, a General Motors já era capaz de realizar projetos automotivos em tempos extremamente curtos. Não foi incomum um prazo de vinte e quatro meses, da data de aprovação de estilo até o início da produção [4]. Estes termos serão tratados mais adiante no presente trabalho.

Esta capacidade de engenharia rápida era, na época, extremamente simplificada, pois não haviam requisitos de segurança veicular, nem tampouco de emissões de poluentes pelos motores de combustão interna. Estes requisitos só foram sendo incluídos nos memoriais de projetos automotivos por volta de fins dos anos sessenta, quando as legislações começaram a exigir uma maior responsabilidade social por parte das montadoras de automóveis.

Dessa forma, os dois anos gastos em projeto eram divididos aproximadamente como sendo o primeiro ano onde se realizava o conceito de estilo e seu refino, além de uma parte básica de engenharia. O segundo ano era gasto com a engenharia dos componentes que iriam formar o carro e os ferramentais necessários para sua produção.

Já se utilizava, então, o conceito de plataforma, com partes de carroceria, chassis e mecânica iguais entre vários modelos de automóveis, dentro das várias divisões, ou marcas, que compunham a GM, tais como Chevrolet, Cadillac, Pontiac, Buick, Oldsmobile e outras. Conceito este que espanta muitas pessoas ainda nos dias atuais, quando descobrem que algumas peças de seus carros são idênticas a de outros modelos que não possuem a mesma marca.

Esse prazo era válido para carros com aparência nova, mas com mecânicas iguais aos dos anos anteriores, pois inovações nessa área eram feitas continuamente pela GM, não aguardando novos modelos para serem introduzidas. Principalmente na área de chassis, que inclui também suspensões, direção, freios, tanque de combustível, entre outros, projetava-se constantemente, fazendo várias melhorias que iam sendo introduzidas ao longo dos anos, de acordo com as necessidades de inovação e solução de problemas ou reclamações de clientes. Esse era um processo bastante moderno à época, parecendo-se muito com o sistema atual de “portfolio”, ou conjuntos, da Toyota, que será mostrado neste trabalho.

O primeiro ano gasto em refinar um design ou estilo, estava dentro do considerado normal, pois era melhor trabalhar arduamente nessa área para ter certeza da beleza e concordância de linhas no novo modelo. Não se arriscava cometer erros em estilo. Eram inclusive feitas clínicas com clientes potenciais, para garantir que o caminho e as soluções estavam de acordo com o gosto do público. Esse assunto será melhor explicado adiante, no item 13.1.

O segundo ano, onde a engenharia trabalhava de forma intensa, poderia ser mais comprimido ainda, mas a empresa sabia que isso custaria muito mais dinheiro, principalmente no que se refere a salários e manutenção de equipamentos. Realizar o trabalho ao longo de um ano era, então, o objetivo economicamente viável.

Em alguns tipos de carros, onde a competição era extrema, a direção da empresa assumia os altos custos, e o tempo era encurtado, chegando a se lançar modelos feitos em menos de dois anos.

Nesta fase, o que se fazia como fundamental para uma grande velocidade de desenvolvimento, era utilizar ao máximo todos os componentes que não seriam vistos pelo dono do carro quando este estivesse montado, ou seja, várias peças eram comuns entre vários modelos, não tendo que ser reprojetadas a cada novo modelo. Esta também era uma idéia bastante vanguardista para a época.

2 O QUE É PROJETO ?

Um projeto automotivo é um tipo de projeto que também atende à uma definição clássica:

“ Projeto é o processo de estabelecer requerimentos baseados nas necessidades humanas, transformando-os em especificações de desempenho e funções, que são então mapeados e convertidos (sujeitos a restrições) em soluções de desenho (usando criatividade, princípios científicos e conhecimento técnico) que podem ser produzidos e manufaturados economicamente” , segundo Evbuomwan et al. [5].

As fases de realização de um projeto, na mente dos engenheiros, vão de um problema abstrato até um produto realizável. Sofrem uma passagem de um estágio de divergência de pensamento, onde várias possibilidades são criadas, evolui para uma situação de transformação, em que as idéias iniciais vão sendo ponderadas e detalhes vão formando uma idéia final para a solução do problema ou desafio. Aqui se forma um caminho a ser seguido pelo grupo de trabalho. Finalmente, o estágio de convergência define o fim das incertezas, e se chega a um objetivo, que irá evoluir para um aglomerado de desenhos de componentes, até formar um produto final.

Do ponto de vista da autoria do trabalho de projeto, podemos dizer que é um tipo de atividade efetuado pelas organizações, seja empresa pública, privada ou de outro tipo qualquer. As operações de uma empresa podem ser definidas como atividades que são repetitivas e constantes, não tendo começo e fim ao longo do tempo. Já o projeto é um trabalho que é único e temporário.

Operações e projetos têm características comuns:

- são feitos por pessoas;
- são restritos pelos recursos financeiros e de logística;
- são planejados, executados e controlados.

De maneira resumida, podemos dizer que um projeto é um desafio temporário, assumido para produzir um produto ou serviço único e particular.

Temporário significa que ele possui início e fim definidos.

Para uma explicação didática completa do significado de um projeto, com várias de suas implicações sociais, ver Kaminski, cap.1 [6].

Para a maioria das organizações, os projetos são meios de responder aos requisitos que não podem ser atendidos dentro dos limites operacionais normais [7]. Para a indústria automotiva, essas definições são interdependentes.

Fazem parte das operações normais de uma empresa, o projeto de novos veículos e o aprimoramento dos mesmos. Isso ocorre com novos projetos de peças e sistemas melhores do que os que serão substituídos. Dessa forma, não podemos distinguir claramente projeto e operação em uma indústria automotiva.

Quando analisamos os objetivos dos projetos e das operações, também chegamos à conclusão que essas definições são porventura vagas em indústrias automotivas.

O objetivo de um projeto pode ser definido como se chegar a um produto e depois ser encerrado ou concluído. Uma operação deve normalmente, sustentar o negócio, sendo, portanto, permanente no rol de atividades das empresas.

Desta conclusão podemos ver que sem novos projetos, uma indústria automotiva não se sustenta para sempre.

O projeto passa a ser, então, um modo de sustento da organização, também facilmente observado a partir do fato de que cerca de 60 a 80% do custo de um produto é determinado na fase de projeto [8].

Na situação atual de nossa indústria e economia, é comum o corte de verbas para novos projetos. Sabemos então, do exposto acima e da experiência observada, que ao se cancelar ou adiar novos projetos, estamos facilitando o mercado aos concorrentes em certo tempo. Assim, a crise econômica de uma empresa só pode ser agravada com o cancelamento de projetos, e não será solucionada em se fazendo economia com a criação de novidades para o consumidor. Se a empresa em que se trabalha não faz isso, os concorrentes farão.

A natureza temporária de um projeto, explicada por ele ter um início e fim definidos, se aplica a outros aspectos do desafio de um novo produto [7]:

- a oportunidade de um espaço no mercado é normalmente temporária. Muitos projetos têm um tempo de vida limitado;

- o time de projeto não vive mais do que o produto. Esses times são formados antes do início e desmembrados tão logo o projeto esteja pronto.

2.1 Fases de desenvolvimento de um projeto

Para a execução de um projeto automotivo, as seguintes fases são consideradas atualmente:

- estabelecimento das especificações requeridas para o produto;
- desenho dos sistemas e formação da estrutura do produto;
- estabelecimento da organização operacional;
- síntese do projeto (documentação).

Alguns termos utilizados neste sub-capítulo serão explicados mais adiante. Optamos por não fazê-lo aqui para evitar truncar demais o texto.

O detalhamento destas fases pode ser assim resumido:

2.1.1 Estabelecimento das especificações requeridas para o produto:

É a transformação das necessidades do cliente em dados para o desenvolvimento do produto. É uma das fases mais importantes, pois constitui a base de todo trabalho posterior. Se algo for mal entendido, o produto não será tão bom quanto o necessário, e poderá não ser um sucesso no mercado.

Esta atividade requer uma cooperação entre os vários departamentos da empresa, e também de agentes externos. Alguns desses elementos são:

- o cliente na forma de comprador, usuário, e elemento de decisão como um dos pioneiros na compra do produto;
- os profissionais do departamento de “*Marketing*”, que analisa o mercado e onde a empresa deve se inserir, deve refletir as condições de mercado e

prover contato com clientes. Para isso, normalmente são feitas as clínicas, atividades onde clientes potenciais são levados a avaliar propostas e escolher entre alternativas para vários quesitos, desde estilo externo do veículo até quantidade de lugares para passageiros e carga, passando por cores e tecidos dos bancos, por exemplo. Tudo isso deve ser feito de forma dissimulada, para não expor o produto que se está planejando muito antes dele chegar ao mercado;

- especialistas em produção, as pessoas que vão conviver com todo o produto e seus métodos de construção ao longo do tempo em que ele será produzido;
- especialistas em logística para garantir todo o sistema de apoio e serviço ao usuário e ao produto em si;
- fornecedores, que vão suprir a indústria com os insumos necessários para a montagem do veículo.

Estabelecer os requisitos do produto é um processo iterativo e que deve ser repetido muitas vezes pelo pessoal de desenvolvimento. Esse exercício constante deve gerar os estudos de possibilidade, ou seja, cada item do projeto deve ser analisado do ponto de vista de tempo, custo e vantagem, para o cliente e para a empresa. Durante esse processo, o número de alternativas vai diminuindo, mas cada uma delas vai ficando mais próxima da realidade final, mais elaboradas e com menos pontos dúbios.

Este processo deve resultar em uma coletânea de especificações que deve ser aceita como a base para o trabalho de desenvolvimento. Estas especificações devem cobrir vários aspectos, como aparência do produto, testes que ele deve suportar, durabilidade ao longo do tempo, facilidade de manutenção e outros. Como uma referência, podemos considerar as especificações das Forças Armadas dos EUA, obviamente levando em conta o tipo de produto, ou seja, usando-se o bom-senso.

Nesta fase, é importante traçar os termos gerais do trabalho que pode ser feito em paralelo pelos diversos departamentos da empresa, como por exemplo, a área de Serviços ao cliente, *Marketing* de Vendas e Produção, visando reduzir o tempo de introdução do produto no mercado. Para exemplificar, podemos dizer que a área de

Marketing não pode esperar o produto ficar pronto para só então estudar como vendê-lo.

2.1.2 Desenho dos sistemas e formação da estrutura :

Esta fase utiliza os requisitos discutidos na parte anterior, para determinar o projeto dos sistemas, incluindo o desmembramento, ou seja, a estrutura de produção do veículo.

As metas são:

- criar uma estrutura de projeto (desenhos) de acordo com as funções do produto e sua operação pelos clientes;
- criar uma estrutura de produto que possa atender todas as necessidades de produtibilidade, manutenibilidade, qualidade e confiabilidade. Estes quesitos são bastante difíceis de serem traduzidos em fatos reais, mas, via de regra, utiliza-se índices de produtos já existentes, tanto de sua indústria como de concorrentes, e se estabelece quanto o novo produto deve ser melhor em cada um deles;
- trabalhar as especificações de cada nível de requisitos funcionais, de forma a garantir a qualidade do veículo no momento de se unir todos os sistemas e peças em um compêndio final;
- preparar um desmembramento das atividades de cada departamento da empresa, adaptado às competências de cada um e incluir também colaboradores externos quando necessário;
- definir todas as condições relativas ao projeto de desenvolvimento do produto, relativas às autoridades sobre cada atividade e sua distribuição, para atender às necessidades de planejamento e administração.

A qualidade dos sistemas criados nesta fase do projeto, irá determinar se o produto será um sucesso em termos de tempo, custo, desempenho, qualidade e confiabilidade. Nestas atividades deve ser permitido tomar tempo suficiente de engenheiros com experiência e conhecimento de sistemas técnicos e humanos.

2.1.3 Estabelecimento da organização operacional:

Atividade que deve ser feita levando-se em conta a anterior, para melhores resultados. Trata-se, basicamente do gerenciamento do projeto.

As principais idéias nesta atividade são:

- o time de gerenciamento do projeto deve ter representantes de grupos que participaram da organização do trabalho inicial de requisitos de projeto, para clarificar sempre as determinadas necessidades e tarefas. O gerente do projeto deve atuar como um comprador dos trabalhos de desenvolvimento. Isso significa solicitar determinadas atividades, verificações e estudos que, embora possam parecer absurdamente óbvias a primeira vista, servirão como exercícios e banco de dados para futuros problemas e dúvidas;
- os grupos com competências determinadas, devem fazer um planejamento de sub-projetos para suas próprias atividades, e um plano de transferência de atividades, para ter um controle fácil das responsabilidades. Isso inclui o que deve ser passado de informação e o que se precisa de informação para dar prosseguimento a determinada tarefa. É importante, nestes grupos, que se tenha sempre uma noção apurada dos custos de cada atividade, para controle final dos gastos do projeto;
- deve ser estabelecido um plano de testes e verificações de desempenho e qualidade, incluindo os recursos necessários para tanto;
- um método de se reportar o andamento do projeto deve ser levado em consideração. Isso é muito útil para se ter sempre uma “fotografia” do projeto em qualquer instante que se queira saber a situação. Esse tipo de atividade não deve ser feita pelos engenheiros de projeto, pois os mesmos devem se ocupar com o produto em si, e não apenas com apresentação de resultados;
- um padrão de controle deve ser criado se ele não existir. Esse padrão deve levar em conta os tipos e formatos dos desenhos, as rotinas dos

documentos, os motivos das decisões técnicas, e uma rotina (seqüência) das modificações de desenho.

2.1.4 Síntese do projeto (documentação):

O final da síntese de um projeto é constituído pela documentação necessária para uma produção em série de um veículo. Os resultados dessa documentação são verificados em testes, tanto do produto como do método produtivo. Esse último normalmente é conhecido na indústria automotiva como “corrida-piloto”, e produz veículos que não podem e não devem ser vendidos ao público. Corrida-piloto é a fase onde se montam os primeiros veículos totalmente dentro do processo produtivo, utilizando-se a linha de montagem e os dispositivos e ferramentas específicos para o novo modelo.

Os seguintes comentários são importantes sobre essa fase:

- quando necessário, o grupo responsável por essa síntese, deve ser suportado por grupos externos, de acordo com as competências necessárias. Por exemplo, os problemas de montagem de determinadas peças devem ser acompanhados pelos responsáveis das mesmas. Só assim as modificações necessárias poderão ser feitas com conhecimento exato dos motivos;
- ao se finalizar um grupo de atividades ou modificações, esse deve ser revalidado em conjunto com o restante do produto, para garantia da qualidade geral da modificação;
- as modificações efetuadas devem ser incluídas em um banco de dados, ou memória de projeto, para serem utilizadas no próximo projeto e não serem repetidos os erros anteriores. Isto significa economizar tempo e dinheiro.

Os passos descritos acima formam o método básico de progresso de um projeto automotivo. Por isso, são bastante genéricas algumas colocações, e variações de

acordo com o tipo de produto, as pessoas envolvidas e o momento em que se aplicam, poderão ser percebidas por muitos.

Isso, porém, não inviabiliza este resumo, e ele pode ser tomado como referência para o desenvolvimento de um produto automotivo de acordo com as metas traçadas no início de um programa ou projeto.

2.2 Sequência de projeto em uma grande montadora

2.2.1 Planejamento

As grandes empresas automotivas sempre se defrontam com problemas enormes ao planejarem um novo modelo de carro. Todos os departamentos devem trabalhar em sintonia perfeita para se minimizar o custo e o prazo de projeto.

Este é um fato muito fácil de ser percebido como a maior dificuldade de todas: coordenar pessoas de diferentes níveis educacionais, com diferentes atividades cotidianas, em busca de um só objetivo: o novo modelo de carro, com baixo custo e em pouco tempo.

O processo de criação de um produto depende de três fatores interdependentes:

- recursos humanos habilitados;
- liderança experiente;
- recursos técnicos adequados.

Se qualquer uma dessas partes não for desenvolvida o suficiente, as possibilidades de sucesso do produto são muito diminuídas.

A capacidade das pessoas em tomar iniciativas de resolução de problemas é fator importantíssimo. Um grupo de desenvolvimento não pode se ater a decisões somente da chefia, ou gerência, para todos os tipos de decisões. Pessoas pró-ativas e que gostem de assumir riscos são necessárias. Caso elas não existam, a gerência ficará totalmente sobrecarregada. Em suma, uma combinação de iniciativa individual e trabalho em grupo é necessária. [9]

A solução lógica nestes casos seria criar um grupo totalmente dedicado a um só projeto. Esse grupo deve ser multifuncional, ou seja, ser composto por pessoas das mais diversas áreas da empresa, tais como Marketing, Manufatura, Engenharias de Processo, de Chassis, de Motores, de Carrocerias, Vendas, Serviços, Materiais e outros.

Todas essas pessoas deveriam estar agrupadas e focadas somente no novo produto. As dificuldades, então, são facilmente perceptíveis: unir um grupo desses requer muita gente trabalhando. Porém, as empresas estão, cada vez mais, reduzindo seus quadros de funcionários. Um outro motivo seria o compartilhamento de componentes entre diversos modelos de carros. Um projetista de motores, por exemplo, não pode ser isolado em um grupo de um só projeto, pois os responsáveis por aquele motor poderiam desenvolver modificações sem que esse membro do grupo que foi isolado ficasse sabendo.

O mesmo acontece com outras áreas e outras especialidades. Também ocorreria um isolamento tecnológico do membro do grupo, que poderia deixar de ficar informado de avanços em sua área.

Como solução mais prática, a maioria das empresas monta seus departamentos no que se chama de matriz, ou departamento matricial.

Isso significa que um engenheiro pode ser subordinado a um departamento e um projeto simultaneamente, ou mais de um, como é normal. Isso faz com que essa pessoa tenha constante relacionamento com diversas áreas, e pense sempre em mais de um projeto de cada vez, de forma a manter uma quantidade grande de informações fluindo na empresa, o que é estimulante para a criatividade.

2.2.2 A criação do produto

Os “*designers*” ou estilistas, fazem desenhos a mão no início de um conceito ou idéia de novo veículo. Estes desenhos iniciais são baseados em uma arquitetura geral solicitada pelo departamento de *Marketing* da empresa. Esta arquitetura define, em palavras simples, o que será o modelo, em termos de dimensões gerais do veículo, sua capacidade de carga, arranjo da posição dos ocupantes, configuração e posicionamento de motor, freios, suspensão e outros detalhes básicos para essa

definição, que definem a forma e posição de montagem dos principais elementos construtivos.

Para cada novo carro, várias dezenas de propostas sob a forma de desenhos podem ser feitas. Normalmente, essas propostas ficam todas lado a lado em um quadro ou parede. Há um tempo de maturação dessas propostas, que os designers consideram importante, pois algo feio hoje pode se tornar bonito amanhã, atrelado a alguma nova tendência de fora do mundo automotivo. Isso vale principalmente para cores e tecidos.

Das várias propostas que foram desenhadas a mão, uma delas é escolhida, ou se decide por gerar uma proposta final com elementos ou detalhes de outras já existentes. Essa decisão é tomada pela diretoria da empresa, levando-se em conta também as informações levantadas nas clínicas de pesquisa, onde potenciais consumidores para um determinado tipo de carro foram pesquisados e conduzidos a darem suas opiniões sobre preferências.

A partir da proposta aprovada, pode-se gerar um modelo em argila especial, conhecida como “*clay*”. Esse modelo em escala real do carro passa então por um processo de acabamento, para que fique com aparência de um veículo de verdade. Somente após uma aprovação final dessa “aparência geral e completa” do novo modelo, entra em cena o equipamento de digitalização.

Este é um aparelhamento que percorre todas superfícies do modelo, em uma varredura, transformando a superfície em informação matemática, tal como posição de pontos em relação aos eixos longitudinal, transversal e vertical do veículo. Assim, se obtém o que é chamado de nuvem de pontos, com cada um deles tendo três dimensões.

Essa informação é colocada em computadores que trabalham com *softwares* específicos de *design*, para gerar desenhos tridimensionais de todas as superfícies do modelo. Após todas informações serem registradas como dados matemáticos, uma nova etapa de trabalho de software começa. É o refino das superfícies. Fácil de explicar: se o modelo em *clay* possuir imperfeições de superfície, rugas ou ondulações, essa informação irá para o programa de computador através da digitalização, por isso, o programa deve “alisar” essas superfícies, ou seja, torná-las perfeitas do ponto de vista matemático, formando linhas e superfícies sem buracos ou

picos que não combinam com a forma pretendida. A finalidade disso é ter formas perfeitas no carro, fazendo com que os projetistas de ferramentas saibam o que é mais importante do ponto de vista da construção, ou seja, quais partes da ferramenta são as mais responsáveis por regiões que serão vistas e avaliadas pelos clientes mais exigentes, e, é claro, pelas equipes da montadora que avaliam este tipo de característica.

Por conseguinte, também facilitam a construção das ferramentas de estampagem da chapa de aço ou alumínio que irão formar a aparência externa do carro e também dos moldes de injeção de plástico, que formam a maioria das peças de acabamento interno e várias do externo, como pára-choques, por exemplo.

É simples de entender, então, a necessidade desse trabalho de design ser tão importante e requerer tanto tempo para ser feito.

Não pode haver erros que levem à impossibilidade de construção de ferramental, e esse é um ponto em que se limita a capacidade de aplicação das idéias dos *designers*. Muitas vezes o criador da forma queria algo mais diferente e inovador, mas a impossibilidade prática de se inovar demais em empresas que produzem automóveis em massa, faz com que soluções mais comuns sejam tomadas.

Somente depois de todo o trabalho de departamento de *Design* estar finalizado, é que se pode afirmar que começa a correr o tempo de projeto, a parte técnica do trabalho de criação automotiva.

Apenas a partir dessas informações de como o carro deverá se parecer, é que se começa a desenhar as peças que o irão compor, detalhando como elas serão construídas, fixadas, quais os materiais melhores para a aplicação e como deverão se comportar na montagem e uso do veículo. É este o trabalho do engenheiro de produto.

Um dos desafios é encurtar esse tempo de criação artística; o trabalho de estilo da empresa; que já é feito por algumas organizações, através de desenhos por computador. Esse assunto será tratado no capítulo 6.

3 VANTAGENS DE UM PROJETO COM TEMPO DE DESENVOLVIMENTO REDUZIDO

A maior parte das razões internas à empresa que geram a necessidade de promover o aumento da velocidade de um projeto são claras [10]:

- velocidade controla disciplina: sendo rápidas, as pessoas são normalmente eficientes. Um desenvolvimento acelerado quase sempre tem menor custo;
- velocidade libera recursos: quanto mais rápido se completa um projeto, antes esses recursos humanos e de equipamentos podem ser alocados para iniciar outro, e os membros das equipes vão aumentar sua experiência em poucos anos;
- valores custo, tempo e qualidade são otimizados, e produtos inovadores são criados.

Pela avaliação das pessoas de fora da empresa, há duas razões principais para se acelerar os projetos:

- colocar um produto rapidamente no mercado, como resposta a um concorrente que iniciou uma demanda nova;
- responder ao mercado com um novo produto em substituição a um outro que não está vendendo bem.

Mas a maior vantagem de se ter um projeto rápido é a noção de que quanto mais próximo da data de lançamento for o “*design freezing*”, que significa o ponto final da criação do desenho estilístico, mais eficientemente o carro atenderá os anseios do cliente, pois ele estará mais próximo das tendências da moda. Seja em moda automotiva, de equipamentos eletrônicos, de decoração de interiores, arquitetura ou qualquer outro tipo.

Poucas tendências do mercado geral podem ser traduzidas para os automóveis. Um dos exemplos positivos é a necessidade de itens eletrônicos para satisfazer os consumidores aficcionados por computadores, celulares, sofisticados aparelhos de

navegação, como o GPS (*Global Positioning System* – Sistema de Posicionamento Global), e televisores acoplados a DVD's. Habitualmente são pertencentes a uma categoria de pessoas com bom poder aquisitivo, e que associam cada vez mais os níveis de satisfação e qualidade de produtos eletrônicos com os automóveis.

Apesar desta característica de atender as necessidades dos clientes de forma precisa ser cada vez mais comentada, o que ocorre na realidade da indústria é um pouco diferente.

Hoje em dia, bem como em um passado não muito recente, a maioria das mudanças que requerem atividades de projeto, são originárias de dentro da própria companhia. Assim foi com os “*tail-fins*” (conhecidos no Brasil como “rabo-de-peixe”), numa alusão popular ao que os americanos identificavam como aletas de cauda de aviões dos carros americanos dos anos cinquenta, a época mais prolífica em criações devidas somente aos departamentos de *Design* das fábricas.

Os anos cinquenta foram um marco na indústria como nunca ocorrera, e provavelmente, nunca ocorrerá novamente [11]. Nesta época, principalmente por volta de 1954 a 1958, as fábricas davam uma liberdade praticamente irrestrita aos criadores de estilo. Esses artistas inspiravam-se em muitos fatos da sociedade e ciência para desenhar novos veículos. O caso mais notável foram os carros com detalhes copiados ou inspirados pelo desenho de aviões a jato e foguetes. Devemos lembrar que essa foi a época em que o transporte aéreo a jato começava a se tornar bem divulgado e utilizado, e que a corrida espacial entre Estados Unidos e União Soviética era muito forte.

Neste período, os americanos tomavam como atividade patriótica a compra e aclamação do design “espacial” de seus carros, pois ele representava o apoio às idéias e metas de seu País.

Essas características não foram resultado de pesquisas de mercado, mas de sentimentos pessoais dos *designers* de automóveis, e foram um sucesso absoluto, criando modelos que são idolatrados até hoje, e com grandes valores comerciais.

Algo similar pode ser dito a respeito do gigantesco mercado dos veículos “*Sport-Utilities*”, ou utilitários esportivos, nascido no início dos anos noventa. Esses projetos não foram resposta a pesquisas de mercado com consumidores, mas

nasceram de idéias internas às fábricas, de se criar um meio de transporte versátil, tanto para trabalho quanto para lazer.

Um outro motivo para se trabalhar rapidamente no desenvolvimento de novos carros, é a verificação de que os clientes de carros novos comprem seus veículos com uma frequência cada vez maior. Isto nos leva a perceber que quanto mais rápido um fabricante tiver novidades no mercado, mais facilmente poderá vendê-las. Nessa característica se insere, mais uma vez, a qualidade. Quando a aparência de um novo carro deixa transparecer uma sensação de algo bem-feito, torna-se praticamente irresistível para a maioria das pessoas com dinheiro disponível, adquiri-lo.

O fato importante nesse acontecimento, e que deve sempre ser lembrado, é que também o oposto é verdadeiro, ou seja, se um carro muda demais de um modelo para outro, o grande público em geral associa isto à desvalorização do modelo anterior, e à pouca tradição do fabricante.

Este período entre mudanças deve ser constantemente avaliado e varia de acordo com o tipo de veículo.

Um exemplo típico é o Jeep Wrangler, do fabricante DaimlerChrysler. Trata-se do Jeep mais tradicional, que foi criado pela Willys e posteriormente passou a ser propriedade da Ford Motor Company, antes da Chrysler adquirir os direitos sobre a marca. Há alguns anos atrás, em uma tentativa de modernizar seu design, os faróis foram alterados de circulares para retangulares. Essa mudança gerou enorme insatisfação dos consumidores, a ponto de ter feito diminuir o volume de vendas do veículo. No ano modelo seguinte os faróis voltaram ao seu formato original.

Conforme a intensificação da competição entre fabricantes automotivos aumenta, fica patente perceber que a meta não é apenas colocar no mercado um novo modelo, mas fazê-lo de forma rápida, para que ele se coloque em curto período de tempo diante dos consumidores, e à frente da concorrência.

Pode-se afirmar de forma simplista que, quanto mais rápido um produto, seja ele qual for, chegar ao público, maior a vantagem de quem o produz. Isso pode parecer simples, mas não se pode afirmar que todos os tipos de produtos são assim.

Como exemplo que contraria a regra, citamos o mercado de confecções (roupas). Não se pode colocar a venda uma coleção de inverno ainda no verão, pois uma parte

das verbas que as pessoas teriam destinado a comprar as roupas de verão acabará sendo gasta nas roupas de inverno.

O mercado de veículos, tratado neste trabalho, também sofre de algo parecido.

Se o modelo que substitui outro for lançado muito rápido, o mercado atual poderá ser prejudicado da seguinte forma: o veículo antigo deixará de ser desejado, e terá que ser alvo de grandes promoções para poder ser vendido. Isso minimiza os lucros do fabricante e da rede de concessionários, situação indesejável para qualquer fabricante.

Podemos raciocinar do mesmo modo quando o produto no qual estamos trabalhando é radical demais, ou inovador demais em uma ou mais características. O design ou estilo é uma delas. Muitas pessoas preferem o tradicionalismo no estilo de automóveis, pois, dizem os especialistas em mercado, a desvalorização do modelo tradicional é menor do que do “diferente”. Além disso, muitas marcas advogam que carros com muitas novidades em sua aparência cansam rapidamente o consumidor, sendo o que chamam de “*overstyling*”. Esse tipo de carro provoca um deslumbramento inicial no consumidor, que se apaixona pela aparência e compra o modelo. Com o passar do tempo, o estilo exagerado com muitos pontos diferentes da maioria dos carros vistos diariamente acaba cansando, e o consumidor passa a repudiar a aparência cada vez que olha para o carro, e volta a buscar modelos mais conservadores. Esta é a filosofia da Volkswagen, por exemplo, ou mesmo de sua divisão de maior luxo, a Audi. Também a Toyota segue por esse caminho. Essas marcas não tem modelos com exageros nem tampouco grandes inovações estilísticas, estando entre os mais tradicionais de toda a indústria. Esse tipo de atitude da empresa gera uma imagem de solidez e tradição, que leva o consumidor que preza esses atributos a comprar o produto, pois sabe que não ficará rapidamente com um modelo defasado em mãos.

Até certo ponto isto pode ser verdade, e a partir dessa idéia podemos estender o raciocínio e dizer que o carro de aparência radicalmente diferente deveria chegar no mercado quando os concorrentes também fizessem grandes inovações.

Este é, porém, um paradigma, pois sempre se deve buscar as inovações para atingir o mercado com o que se chama vantagem competitiva. De modo simples, isso significa

ter alguma característica no seu produto que o diferencie dos demais, de maneira a fazer os clientes se voltarem para essas vantagens e comprarem seu veículo.

Assim sendo, acreditamos que vale a pena ser rápido no desenvolvimento de um veículo, pois isso traz lucros antecipados em relação ao procedimento normal.

Fica claro que vender um produto que foi desenvolvido rapidamente, ou seja, mais rápido que o tradicional, pode trazer embutido várias incertezas.

É esse o desafio que os engenheiros automotivos devem vencer: desenvolver rápido, no tempo certo, de forma econômica, focados nas necessidades dos consumidores e sem esquecer da obrigatória qualidade.

4 CONDIÇÕES PARA UM PROJETO RÁPIDO

As fases iniciais de um projeto automotivo são, quase sempre, bastante incertas. Mesmo com as várias filosofias de projeto e suas diretrizes para se fazer tudo de forma organizada e integrada, o comportamento humano de incertezas coletivas usualmente é o dominante.

O início do projeto tem também uma dinâmica muito grande, que só faz por aumentar as incertezas. O que pode ser feito para minimizar este problema é sempre uma dúvida nas várias áreas do projeto.

Um conceito de projeto rápido é muito difícil de ser determinado. Assim, condições específicas que são relevantes para o planejamento do projeto rápido devem ser consideradas:

- processos de desenvolvimento criativos são virtualmente impossíveis de serem padronizados, e muitas incertezas e riscos são inerentes a estes processos;
- os objetivos, estratégias e condições gerais de desenvolvimento mudam constantemente;
- os desenvolvimentos de projetos automotivos são tão dinâmicos, que podem levar a objetivos não-específicos e condições básicas incompletas.

Além disso, o processo de desenvolvimento é também caracterizado por uma grande complexidade, que resulta da grande dinâmica e o intenso relacionamento entre as pessoas de diversas áreas da empresa. Para a colaboração interdisciplinar entre especialistas e boa comunicação, é de grande importância que haja um suporte de tecnologia da informação. Essa tecnologia deve ser elaborada de forma a se controlar e mostrar em que fase do desenvolvimento se está, a qualquer momento, e também formar um quadro exato do que falta ser feito e quanto tempo é necessário para isso.

A formação de times descentralizados, que possam efetuar suas atividades de forma eficiente, requer uma distribuição do conhecimento relevante entre estes times. De nada adianta passar adiante informações importantes porém não acompanhadas de subsídios para tomada de decisão. Isso apenas irá atrasar o projeto.

Os objetivos, tais como tempos de desenvolvimento e custos, têm que ser clarificados desde o início, nas fases iniciais do projeto, para garantir um gerenciamento eficiente. Os coordenadores dos projetos precisam de figuras claras do que está acontecendo para tomar decisões rápidas, de maneira a não afetar o objetivo de tempo.

O sistema de planejamento [12] de um projeto rápido deve, de forma simples:

- ser adaptável a uma estrutura descentralizada;
- capaz de lidar com dados incompletos e inconsistentes;
- prover informações de planejamento relevantes rapidamente;
- trabalhar com orientação para resultados em cada fase;
- integrar e promover processos de comunicação informais, bem como ciclos de aprendizagem.

Isto posto, podemos chegar a uma conclusão de que um planejamento com fases interdependentes, ou seja, que leve em conta as relações entre as diversas tarefas, é um passo inicial importante para um desenvolvimento rápido de projeto.

As implicações entre as diversas fases devem ser representadas, para que não se caia no usual processo do caminho crítico, onde somente as atividades de grande tempo de conclusão são consideradas, de forma que muitas atividades importantes, mas que não chamam tanto a atenção por não requererem muito tempo, são deixadas de lado ou postergadas. Na soma de tempo dessas atividades mais rápidas, pode-se ganhar ou perder o prazo final de conclusão do programa ou projeto.

Deste fato resultam muitos erros comuns em projetos, que vão tomar tempo e dinheiro mais adiante, atrasando todo o lançamento de um novo produto, ou provocando uma chegada a mercado de um produto imperfeito, que terá que ser muito melhorado depois que o consumidor já pagou por ele.

O planejamento de um projeto rápido envolve muito mais do que determinar metas parciais. Cada time de desenvolvimento responsável por uma área do veículo pode ter suas metas, mas os mecanismos de coordenação não podem ser iguais para todos esses times.

Deve ocorrer uma integração orientada por fases do projeto, onde as diversas áreas envolvidas possam se orientar e planejar novos passos com mais chances de produzir melhores resultados.

Normalmente, não é simples a compreensão sobre os sistemas de um projeto de rápido desenvolvimento, então, um planejador (coordenador) poderá não conseguir definir todas as tarefas e relações do sistema todo.

A chave para melhor entender esse problema, é localizar onde o caminho de um time se encontra com outro para então chegar a um plano global, que inclua os caminhos já iniciados.

Bullinger et. al. [10] explicam com detalhes que mudanças organizacionais devem ser feitas na empresa. Estas mudanças devem visar um aumento de efetividade e eficiência no processo de desenvolvimento de um produto. As comunicações e coordenação formam os pontos chave para a discussão dos melhores processos para um projeto.

A partir disso, deve-se verificar quais desses caminhos são afetados externamente. Isso possibilita considerar coisas não vistas anteriormente, e estabelecer quais as atividades que são as mais importantes para se atender os "milestones" (pontos principais a serem atingidos) do projeto.

4.1 Porquê a necessidade de ser rápido ?

Antigamente, da aprovação de um conceito de veículo até seu lançamento em mercado poderiam-se passar até dez anos. Hoje, estamos limitados a três ou quatro anos, muitas vezes menos, dependendo da extensão de novidades que o veículo apresenta. [13]

Isto significa que um produto muito mais sofisticado, com mais itens, com uma qualidade muito melhor, deve ser desenvolvido em um tempo muito mais curto.

Devido à complexidade dos sistemas, os requisitos legais (governamentais), de qualidade automotiva e a necessidade de velocidade de projeto, obriga-se a que um sistema eficiente de trabalho seja imprescindível, e ter um sistema assim é fator determinante para futuros desenvolvimentos.

Atingir o menor prazo possível de desenvolvimento [14] tem se tornado uma competição entre as montadoras, apesar da necessidade de lançamentos no mercado ser ditada pelo próprio mercado, e não pelas engenharias das fábricas. Isso pode levar, em algumas empresas, a se ter todas as condições técnicas para produzir um novo modelo, mas cujo momento pode não ser o mais propício.

Um bom motivo para ser rápido em um projeto é o dinheiro que se pode ganhar com isso [15]. Considerando que uma empresa esteja planejando um carro que ela espera vender a R\$ 40.000, em uma quantidade de vinte mil por ano, um atraso de três meses no início das vendas significa uma perda de R\$ 66,64 milhões. Se for possível adiantar a data de início de vendas, pode-se adiantar recursos para o caixa da empresa.

Há somente dez anos atrás, a fabricação de protótipos e os testes dos mesmos eram responsáveis por 70% do custo de desenvolvimento de um veículo, restando 30% para os custos de engenharia. Com o advento do desenho por computador, levando à necessidade de menos protótipos, os custos de engenharia subiram para 70% durante o projeto, e os protótipos e testes respondem por 30%.

Uma inversão de valores que evidencia cada vez mais o engenheiro de projeto como um grande responsável por gastar recursos.

Hoje em dia, o conceito básico para se acelerar um desenvolvimento com bom nível de qualidade, é focalizar o início do processo de desenvolvimento, de forma a lhe dar a maturidade necessária, evitando mudanças drásticas após os conceitos iniciais terem sido decididos e aprovados [16].

Estes fatos são tão importantes, que até o final de 2001, cerca de 96% dos fabricantes de veículos estavam com atividades de redução de tempo de projeto em ação, e 91% dos fornecedores de primeiro nível, ou “Tier 1”, aqueles que entregam peças e componentes que são montados dentro da planta da montadora, faziam o mesmo [8]. Isso também inclui pensar a manufatura do produto como prioridade. Como ele será montado, desde os principais painéis da carroceria, até a fixação do emblema com o nome do modelo, devem ser muito bem visualizadas antes do produto ficar pronto.

Utilizar um processo de desenvolvimento acertado, assegura que a companhia pode atingir o mercado com o produto correto, na hora certa e com o preço justo.

Uma atividade essencial neste processo é a aplicação de modelos virtuais.

O modelo virtual é uma simulação computacional [17] de todo o interior e exterior do carro. Tem como objetivo se avaliar toda a geometria de peças e suas interações, evitando a terrível situação de “não monta” em futuros protótipos reais. Qualquer mudança necessária pode ser feita em um computador, sem a necessidade de se construir componentes reais e depois ter que modificá-los.

O assunto realidade virtual será tratado mais adiante, em capítulo separado.

4.2 Os objetivos para o futuro

Os exemplos mostrados no início do presente trabalho, servem para repensarmos as atividades dos engenheiros nos dias de hoje. Obviamente muita coisa mudou. As necessidades de se projetar bens que sirvam a uma maior parcela da população mundial, os recursos financeiros sempre mais e mais limitados e bem controlados, as leis de conservação do meio-ambiente e de proteção ao consumidor cada vez mais restritivas, entre outras particularidades, fazem com que um trabalho mais novo do que os exemplos mostrados, tenda a ser muito mais demorado.

Porém, acreditamos fortemente que é possível manter a alta velocidade em um projeto, desde que se tenha um objetivo muito bem demarcado, e atividades muito bem definidas.

Como idéias gerais, podemos indicar as seguintes:

- os controles necessários para manter a organização empresarial informada não podem restringir as atividades de desenvolvimento;
- as atividades burocráticas não podem ser efetuadas pelas pessoas que devem utilizar tempo para agregar valor diretamente ao produto;
- as atividades políticas, como apresentações, também devem ser realizadas por profissionais da área de administração e controle do projeto, e não diretamente pelos engenheiros e projetistas criadores dos componentes.

Em resumo, podemos afirmar que os engenheiros criadores devem se ater à atividade de criar, e não sucumbir aos anseios das áreas administrativas de se informar a respeito do projeto. Essas áreas devem procurar a informação com os responsáveis

pelos grupos de projeto. Esses responsáveis devem elaborar um plano bem delineado de prestação de contas com seus subordinados, de forma a manter o incentivo ao trabalho, e os créditos pelo mesmo.

Creditar a criatura ao criador, e fazer com que toda a organização os conheça, é um dos maiores incentivos ao trabalho bem feito que pode existir. Para um profissional de área técnico-criativa como é o engenheiro, o objetivo máximo é criar eficiência e resolver problemas, e se sentir recompensado pela sua criação também é ser conhecido e respeitado por ela.

Para que isso ocorra, o sistema de gerenciamento de tempo de projeto deve tratar o assunto de forma automática, sem que os próprios engenheiros tenham que interromper atividades produtivas para mostrar o que está sendo realizado.

Esta idéia não é facilmente executável quando se avalia as condições de trabalho na área de engenharia, onde é necessário mostrar para as organizações o trabalho individual, como forma de valorizar o profissional, mas pode-se desejar que um sistema de gerenciamento e informação bem elaborado deve realizar esse tipo de tarefa, sem que os técnicos precisem interromper suas atividades produtivas para isso.

Resumindo, o engenheiro deve ser capaz de se concentrar em seu trabalho de criação de peças, componentes e sistemas, sem precisar se preocupar com a divulgação de seu trabalho em todas as esferas da empresa. E esta capacidade de fazer os criadores e solucionadores de problemas dedicarem-se apenas ao trabalho, está nas mãos dos gerentes de projetos em todos os níveis de atuação.

5 EM BUSCA DO PROJETO RÁPIDO

A Universidade de Michigan pesquisou o tempo de projeto de carros para mais de cinquenta mil unidades por ano, considerada produção de alto volume [18]. Da data de aprovação de conceito até a corrida-piloto, os japoneses consomem trinta e seis meses por volta de meados do ano 2001. Segundo as opiniões das pessoas que atuam neste campo, este tempo deverá diminuir para vinte e seis meses em 2007. No mesmo período, os EUA vão reduzir de quarenta e dois para trinta meses, e os europeus de quarenta e seis para trinta e cinco meses.

No final dos anos oitenta o prazo padrão era de quarenta e dois meses, atualmente são trinta, sendo que os japoneses foram os primeiros a atingir esse número.

A General Motors, no período entre 1998 e 2000, realizou vários projetos [19] com tempo médio de trinta e três meses, sendo que em finais de 2001 e 2002, vários projetos, principalmente nos Estados Unidos foram feitos em dezesseis a vinte e sete meses. Lógico que essa faixa de variação muito grande reflete maiores e menores magnitudes de modificações em um modelo, podendo tanto ser modificações leves de aparência externa e interna, quanto carrocerias e mecânicas praticamente novas, com apenas alguns componentes já prontos.

É importante notar que, no período de 1998 a 2001, as necessidades de testes aumentaram muito. Estima-se que algo em torno de sete vezes foi esse incremento, devendo-se principalmente, a um aumento nos requisitos de segurança e de emissões de poluentes [19].

Mais importante que a redução de tempo, é a quantidade de trabalho necessário para se fazer a diferenciação de um novo modelo em relação aos concorrentes, além das melhorias necessárias em termos de conforto, confiabilidade e robustez, dentro do cronograma estipulado.

5.1 Qual o prazo ideal ?

Não existe o prazo melhor para o lançamento de um novo modelo e seu sucessor, assim como não há uma definição rígida do melhor tempo de projeto. De uma forma geral, um cliente não fica satisfeito quando vê que terminou de comprar um novo

carro e ele já foi substituído por um modelo atualizado. Isso é visto com frequência entre pessoas que não se informam através de jornais, revistas ou Internet antes de comprar um carro novo.

Com um prazo de doze meses entre lançamentos, o fato de adquirir um modelo e logo em seguida ser lançado seu sucessor, aconteceria certamente.

Por outro lado, qual o tempo em que um determinado modelo pode se manter vendendo bem no mercado, sem que comece a carregar consigo a fama de velho ?

Essa não é uma pergunta de resposta fácil.

Diremos que depende de vários fatores. O primeiro deles é quanto ao tipo de carro. Ao se falar de carros com preço no início da faixa de produtos, como os ditos “populares” no Brasil, temos um problema muito grande, pois a maioria das pessoas passa muito tempo poupando para comprar esses modelos, ou obtém o dinheiro necessário através de financiamento. Neste caso, não é bem aceita uma mudança tão profunda que faça o cliente se sentir prejudicado por ter que pagar por um modelo fora de linha, ou descontinuado.

Da mesma forma, se esses modelos passarem muito tempo sem modificações, suas vendas irão caindo, a ponto de sua produção se tornar economicamente inviável.

Podemos concluir daí, que essa faixa de veículos deveria ter, idealmente, projetos de inovação e melhorias sempre prontos a entrar em produção, para tão logo as vendas comecem a cair, a empresa seja capaz de colocar no mercado um modelo modificado com novidades que atraiam o cliente para a marca.

De uma forma mais perfeccionista, as fábricas deveriam ser capazes de pesquisar constantemente a situação de seus modelos no mercado, e os atributos que cada um de seus produtos deve ter para agradar ao cliente, sempre.

Isso, porém, é de custo elevado, e o método mais tradicional é aguardar o declínio das vendas para se tomar atitudes reais de solução do problema.

No outro extremo do mercado, os veículos de alto luxo e / ou preço também são muito complicados de serem administrados.

Digamos que uma pessoa gaste, por exemplo, US\$ 300,000 em um superesportivo, e que, seis meses depois, a mesma marca coloque no mercado o sucessor desse modelo, com o mesmo preço e modificações tecnológicas e de estilo. Esse cliente, importantíssimo para a empresa, poderá se sentir lesado.

Dessa forma, o fabricante desse tipo de carro também vive em um dilema muito grande. Se seus projetos forem muito rápidos, e o tempo de um novo modelo para chegar no mercado, muito reduzido, os clientes da marca sempre poderão alegar terem sido enganados, pois depositaram uma enorme quantidade de dinheiro em um carro que esperavam fosse o melhor e definitivo, para alguns meses depois se verem com um modelo fora de linha, ou descontinuado.

A corrida contínua para aumentar a velocidade dos projetos leva à questão de quão rápido esse processo pode ser concluído.

Glenn Gardner, um dos responsáveis pelo projeto “*minivan*” (furgão pequeno) Chrysler, no início dos anos oitenta, e que criou uma nova categoria de veículos na América do Norte, afirma que um ciclo de doze meses entre a aprovação do conceito e uma corrida-piloto é concebível [18].

Esse número foi escolhido porque, tradicionalmente, os carros são apresentados em anos-modelo, e ter a capacidade de projetar um modelo em doze meses diminui substancialmente as complicadas estruturas de planejamento dos produtos, evitando-se trabalhar com períodos de projetos e de anos-modelo diferentes.

Um dos problemas que atrasam os projetos é devido aos processos de fabricação de ferramental para a produção das peças, principalmente estampados de aço que formam a carroceria.

Esses prazos podem ser reduzidos através de uma ligação direta entre os desenhos das peças feitos por computador, e os programas para comandar as atividades de usinagem, de formatação de ferramental. O processo normal até há bem pouco tempo atrás, e que ainda é o comumente utilizado para muitas peças, inclui uma enorme adequação, um tratamento eletrônico muito trabalhoso desses dados, desde o projeto das peças até o início efetivo da construção, levando meses. A melhoria deste prazo é possível com avançadas técnicas de modelamento matemático, e mais capacidade de processamento de dados a alta velocidade. Este modelamento significa, em termos simples, um tratamento de dados que traduza de forma útil para quem projeta ferramentas, as informações das peças que deverão ser feitas.

Para uma aceleração desse processo, cada vez mais as técnicas de realidade virtual são empregadas.

6 REALIDADE VIRTUAL

O termo realidade virtual é creditado a Jaron Lanier, fundador da VPL Research Inc., utilizado pela primeira vez no início dos anos oitenta, com o objetivo de diferenciar as simulações tradicionais feitas por computador, das simulações que envolviam vários usuários em ambientes compartilhados (redes comuns) [20].

A realidade virtual vem normalmente acompanhada de termos como realidade artificial, que existe desde meados dos anos setenta e “*cyberspace*”, ou ciberespaço, ou espaço cibernético, que significa um espaço não-físico, onde um usuário do computador pode realizar ações em um ambiente não-real, como se ele fosse parte integrante desse ambiente. O termo ciberespaço foi usado pela primeira vez em 1984, no romance *Neuromancer*, de William Gibson.

Realidade virtual é um termo muito genérico e abrangente. Os pesquisadores da área acabaram por definí-lo de forma simples, como sendo a forma mais avançada de interface do usuário com o computador até agora disponível.

A realidade virtual pode ser separada da animação gráfica e do CAD (*Computer Aided Design* – Desenho Auxiliado por Computador) e de multimídia, pelos seguintes tópicos:

- realidade virtual é orientada ao usuário, ou seja, o observador da imagem ou cena virtual;
- imersiva, incluindo a presença do usuário em seu ambiente;
- interativa, porque o usuário pode modificar e influenciar o comportamento dos objetos em estudo;
- intuitiva, porque as dificuldades de manuseio das interfaces homem-máquina são muito pequenas [20].

As principais vantagens da realidade virtual são as seguintes:

- permite projetar máquinas que podem ter suas propriedades estruturais e funcionais avaliadas e testadas sem ser necessária a construção de elementos reais (físicos);

- pode ser desenvolvida uma ergonomia funcional de operação do homem, sem a necessidade de se montar um modelo em escala real;
- pode-se projetar produtos que possuam aparência estética de acordo com as preferências de cada cliente. (não muito verdadeiro no mundo automotivo);
- garante que os diversos sistemas e peças fabricados estejam dentro de normas legais (governamentais);
- facilita operações remotas e controle de equipamentos a distância;
- desenvolve e avalia processos que asseguram a possibilidade de se manufaturar o produto, sem ser necessário produzir o mesmo em escala comercial;
- desenvolve planos de produção e caminhos de elementos pela fábrica, para assegurar se estes são possíveis e corretos;
- pode treinar funcionários em técnicas modernas de manufatura, enfatizando qualidade e segurança, por exemplo [20].

A utilização de realidade virtual ainda é muito contestada dentro das organizações. Como saber o quanto se pode ganhar em tempo e dinheiro ao se utilizá-la ?.

Os custos são elevados, pois é necessário o maquinário e as pessoas treinadas para poder tirar vantagem dos sistemas virtuais. Isso tudo tem custos elevadíssimos.

Mais casos e literaturas sobre esses progressos são necessários no meio automotivo, pois só assim será possível conhecer as vantagens de sistemas tão modernos.

O caso mais bem mensurado deste tipo de tecnologia é o da DaimlerChrysler, na Alemanha.

Na cidade de Sindelfingen, onde funciona o Centro de Realidade Virtual (VRC) da empresa, através dos dados obtidos, verifica-se que há uma redução de 20 % nos custos de um projeto automotivo, devido à redução dos protótipos físicos e conseqüentemente, uma redução de tempo de projeto.

6.1 Simulações em projetos nas indústrias

As técnicas de desenvolvimento de indústrias japonesas são muito focadas no planejamento. Muito tempo é gasto planejando, e só quando todo o sistema está convencido de que tudo está bem, é que se iniciam os trabalhos “materiais”. Não há mudanças posteriores, todos se atêm ao que foi planejado. Ao menos idealmente, esse é o processo mais lógico para atender as necessidades do mundo automotivo atual.

Esse tipo de pensamento pode diminuir bastante o tempo de desenvolvimento. Um caso dentro da VW (modelo Seat Toledo) diminuiu o tempo pela metade e reduziu os custos em 30 % [21].

Uma das idéias mais importantes atualmente, e bastante perseguida pela maioria dos fabricantes, é a utilização de peças que já existentes e aplicadas a modelos que estão no mercado, para os novos projetos. Esta idéia é muito boa, pois muitos problemas já foram encontrados e corrigidos, o que favorece a qualidade inicial do projeto.

Tornar peças comuns em modelos que já estão à venda também é uma idéia boa e praticada. Um carro mais barato de uma marca pode ceder algumas peças a um outro mais caro do mesmo fabricante, desde que isso não afete a expectativa do cliente, é lógico.

Para se fomentar o projeto eletrônico e fazer com que ele funcione de forma produtiva, deve-se procurar trabalhar com programas de computador de última geração, ou no “estado-da-arte”.

O estado-da-arte em termos de desenho eletrônico é muito avançado. Há várias maneiras de se tratar elementos de desenho ou projeto, de forma a se buscar resultados rápidos.

No item 2.2.2 detalhamos o processo de criação de um veículo, focando essa criação como um trabalho essencialmente humano. Mas usar programas de computador para essa criação é uma realidade na situação atual de necessidade de velocidade.

Trata-se de um fato difícil de ser aceito, principalmente pelos artistas que são os designers. É claro que visualizar a criação em *clay* é algo mais agradável para qualquer pessoa, pois o que pode ser visto e tocado é algo muito próximo de como será o carro quando for produzido. Mas o tempo despendido nesta construção é enorme.

O outro desafio é trabalhar sempre mais rápido na elaboração dos desenhos técnicos das peças e componentes, algo menos difícil de ser aceito, e já largamente empregado há pelo menos duas décadas, através dos mais variados programas de CAD já existentes, e que são constantemente aperfeiçoados.

Para esse progresso na redução de tempo, há várias ferramentas que são utilizadas por vários fabricantes de vários países. O objetivo de todas é comum: reduzir custos e prazos.

A melhor maneira de se fazer os métodos computacionais mais efetivos, é focar em integração, velocidade e desenho.

A seguir, estão comentadas algumas dessas técnicas que evoluem constantemente, e não devem ser tomadas como exemplos perfeitos e definitivos por qualquer pessoa que queira se aprofundar no assunto.

Trata-se apenas de uma exemplificação de sistemas em uso.

6.1.1 O DMAPS

Uma das primeiras técnicas de aceleração de projetos por computador através da integração do projeto de peças com o projeto de ferramentas que foi utilizada é chamada DMAPS (*Digital Manufacturing - Advanced Process Simulation*), um programa de computador desenvolvido pela Dassault Systèmes e pela Chrysler. [22] Trata-se de um processo de construção de ferramental que comanda a fabricação de moldes diretamente a partir dos desenhos de produto de peças, sem necessidade de conversões de dados, e criação de modelos físicos para análise prática da construção do ferramental. Essa análise passa a ser feita eletronicamente, reduzindo o tempo total de construção das ferramentas em até 30 %.

A qualidade também é melhorada, pois um número maior de variáveis podem ser simuladas na máquina, do que no meio-ambiente comum.

O sistema DMAPS possui também uma biblioteca de peças, um “lessons learned”, ou lista de informações aprendidas, eletrônico, que já mostra os principais pontos de referência para cada uma. Dessa forma, pode-se juntar componentes e desenhar o que falta no projeto rapidamente.

O DMAPS pode modelar toda uma seqüência de produção de um veículo, incluindo todos os equipamentos, como robôs, por exemplo. Assim, um novo projeto pode ser simulado até mesmo em sua montagem na fábrica virtual, e problemas podem ser encontrados antes mesmo de existir qualquer peça física do novo carro. A qualidade final de um produto é então, muito favorecida.

O sistema DMAPS possibilita também fazer análises estruturais das ferramentas, reduzindo o tempo de construção em 50 %. A lógica de controle de usinagem também é simulada, acabando com a necessidade de se criar programas específicos para as máquinas que realizam estas tarefas.

Acreditamos que esse recursos serão cada vez mais empregados na indústria automotiva, mesmo em países que não são de Primeiro Mundo. Isso é claro, uma vez que os custos de produção são mais baixos nesses países, o que os garante como produtores para exportação, no mínimo.

6.1.2 Toyota

O “*redesign*”, ou reforma do estilo do Toyota Camry 2002, seguiu uma filosofia bastante interessante [23]. O processo típico de desenvolvimento, onde os pontos mais importantes de um desenho de estilo de um veículo são definidos e passados para o material físico, *clay*, e depois são enviados desenhos de superfícies das peças à Engenharia de Produto, para que se desenvolva o projeto dessas peças em conjunto com os fornecedores, não foi aplicado.

Este processo normal de quase todas as montadoras de carros hoje em dia, considera que modificações são necessárias e aceitáveis após o design do veículo ser aprovado, apesar de todos saberem claramente, que isso traz custos extras de projeto.

A Toyota não foi por esse caminho no *redesign* do Camry. Um conceito conhecido com Zero EC (*zero engineering changes – zero modificações de engenharia*) foi aplicado. Desse modo, após o estilo ser aprovado e ter seus custos calculados, não mais são permitidas modificações. Se os grupos de trabalho formados por montadoras e fornecedores souber que não haverá possibilidade de mudanças, todas as dúvidas são dirimidas antes dessa aprovação. Todas as tarefas conhecidas como

“lição-de-casa” são feitas o quanto antes, pois os envolvidos precisam visualizar problemas o mais rápido possível para saber se existem problemas difíceis de serem solucionados após a construção de ferramentas começar.

Este método de trabalho só funciona com as simulações, em vários níveis, que são possíveis nos dias de hoje. A Toyota faz uso intenso de simulações, pois ganha muito tempo com isso.

Este conjunto de simulações é capaz de diminuir o número total de protótipos em 65 %, como foi o caso do Camry, cortar pela metade o número de “*crash-tests*”, ou testes de impacto necessários, e analisar os fatores humanos dentro da planta de montagem do carro, encontrando problemas para os montadores em uma tela de computador. O tempo total desde a aprovação do projeto, até o primeiro veículo saindo da linha de montagem, foi de trinta meses.

6.1.3 General Motors

No campo de projetos automotivos, principalmente, a visualização de um produto acabado e sua comunicação a outras pessoas sempre foi um desafio.

Seja qual for o gênero, o projeto deve passar por uma transformação que é muito mais fantástica do que podemos perceber: idéias tridimensionais devem ser expressas em duas dimensões, para na realidade serem materializadas em três dimensões. Este é um processo doloroso e caro, e novos processos que sejam mais intuitivos e fáceis de operar estão continuamente sendo buscados.

Mesmo com os modelos digitais hoje empregados, os *designers* ainda dependem do papel para desenvolver suas idéias iniciais, e imagens digitais de estilo do veículo, conhecidas como “*renderings*” devem ser transformadas em modelos em *clay* em algum estágio.

Quando esses modelos em *clay* ficam prontos, muitas vezes acontecem problemas, e a grande dificuldade é re-digitalizar as mudanças, de acordo com a realidade física do modelo.

Na General Motors, o objetivo é eliminar 60% dessas modificações, que quase sempre atrasam o desenvolvimento do produto em termos de tempo e custos [24].

A tecnologia tem ainda que ligar a conceituação em três dimensões à execução de ferramentais e moldes.

Nos últimos tempos, a realidade virtual começou a ser adotada. O sistema genericamente chamado de CAVE (*Computer-Aided Virtual Environment* – Ambiente Virtual Auxiliado por Computador) foi adotado por algumas empresas, como a GM, que utiliza uma tecnologia baseada no *software* da Silicon Graphics.

Este uso de imagens “estereoscópicas” (visão em dois canais, como nos olhos humanos) combinada com óculos especiais para o usuário, não é uma técnica preferida por todos, pois é um pouco inconveniente de ser usada.

A GM faz uso extenso da ferramenta conhecida por DMU. (ver item 6.2)

6.1.4 DaimlerChrysler

Os membros do comitê executivo da Daimler-Chrysler aprovam os *designs* dos novos projetos de forma virtual. Esse processo foi possível através da adoção do software da empresa SGI, Onyx2 [25].

Com este equipamento, é possível processar simultaneamente imagens em três dimensões, duas dimensões e informações de vídeo (filmes). Dessa forma, um novo veículo pode ser mostrado como se fosse uma imagem bastante próxima do real, em qualquer posição, em qualquer cenário, e em movimento.

A diretoria da empresa julga que esse tipo de aparelhamento é capaz de reduzir a necessidade de construção de “*mock-ups*” (protótipos de design ou maquetes), tornando possível aprovar e/ou solicitar modificações que podem ser feitas em prazos curtos, em terminais de CAD, e aprovadas “no dia seguinte”.

A Daimler-Chrysler também faz uso do que é chamado de “A Caverna”, muito similar ao usado pela GM, com pequenas diferenças operacionais. Esse aparelho é um cubo com 2,40 m de lado, onde as pessoas entram e são submetidas à projeção de imagens holográficas do interior de um veículo, que se move em um ambiente que pode ser de ruas, estradas ou outro tipo. Não há a precisão do veículo virtual para aprovação de *design*, mas é possível verificar problemas de visibilidade, por exemplo, sem se construir um único protótipo real.

A Caverna também é utilizada pela Engenharia de Manufatura, para verificar a ergonomia de montagem de componentes do carro, e acessibilidade para manutenção. Um componente qualquer pode ter sua posição alterada após análise nesse sistema, por exemplo.

6.1.5 Audi

A Audi também utiliza softwares da SGI. Uma das vantagens é a integração entre as áreas de desenvolvimento de produto, compras, produção, vendas, e principalmente, fornecedores. Estes componentes dos grupos de trabalho podem trabalhar muito mais próximos, buscando e discutindo soluções “on-line”, e acelerando o processo num todo. [26]

Digamos que uma pequena modificação deve ser feita em uma peça de acabamento interno do veículo. E que esta modificação seja adicionar um ponto de fixação aonde irá um parafuso. Algo desse tipo chega a requerer, pelo processo normal, até uma semana entre conversas com envolvidos e executar um desenho simplificado das peças afetadas.

Com esta integração e acessibilidade de informações por todos os setores, isso pode ser feito de um dia para outro, ou até mesmo no mesmo dia, se o problema surgir pela manhã !

Para aumentar essa integração, um banco de dados funciona na Audi, que permite a qualquer pessoa autorizada visualizar o trabalho que está sendo feito. Assim, um diretor que não esteja presente no local central de trabalho, pode acessar as imagens necessárias e dar sua opinião quando solicitada.

6.1.6 Ford

Após lidar com softwares diversos para projeto e manufatura por vários anos, a Ford adotou um sistema unificado, que diminuiu em treze meses o desenvolvimento do Mondeo, seu modelo médio europeu [27, 28]. O tempo da aprovação do design até a primeira unidade ser montada foi de vinte e quatro meses.

A Ford utiliza o software C3P, que é uma combinação de CAD, CAE, CAM (*Computer-Aided Design, Engineering and Manufacturing* – Desenho, Projeto e Manufatura Auxiliados por Computador) e gerenciamento de produto, conhecido como PIM, (*Product Information Management* – Gerenciamento de Informações do Produto). Este último é o que a Ford considera o mais importante para progredir no sistema de desenvolvimento, pois faz com que toda a Engenharia de Produto e Manufatura utilizem a mesma informação básica (*master*).

Além disso, os fornecedores também dispõem de acesso aos modelos de CAE, normas de materiais e testes, veículos digitais, “*lay-outs*” de montagem dos diversos sistemas, e outras informações necessárias ao projeto de componentes e conjuntos de componentes. Isto leva a um nível de qualidade muito bom desde o início do desenvolvimento.

Com essa divisão e acesso a informações, os fornecedores e a Ford não olham para custos variáveis, mas sim para um valor total de cada sistema, usando técnicas de manufatura enxuta. Em muitos casos, as maiores economias provêm de fazer com que os fornecedores conversem entre si para dividir áreas de trabalho para montagem de sistemas ou módulos formados por várias peças e dividir responsabilidades de acordo com os requisitos desses sistemas.

Ao longo dos últimos anos, a tarefa dos fornecedores da Ford vem evoluindo. Há dez anos atrás, eles participavam dos projetos dentro da Ford. Sete anos atrás, começaram a participar do design dos novos produtos. Agora, estão sendo colocados dentro das plantas de montagem, para montar e entregar módulos completos. O conjunto de atividades ligados pelo C3P é chamado de engenharia virtual.

A Ford afirma que o C3P é o início de um sistema que compreende uma fábrica virtual, onde se pode desenhar, testar e montar um carro completo, antes mesmo de se ter o primeiro protótipo real montado, e com grande confiança nesta virtualidade.

No caso do novo modelo Fiesta, lançado na Europa em 2001, somente a parte de testes virtuais economizou cerca de um ano no desenvolvimento. A empresa estima que mais cem engenheiros seriam necessários se não houvessem os sistemas hoje empregados, além de muitos protótipos a mais terem que ser construídos. Apesar de ser uma grande economia para a empresa, deve-se chamar atenção para o fato de que menos engenheiros foram empregados para essas tarefas.

Dessa forma, apesar dos altos custos de tamanha tecnologia, a empresa afirma que há lucro nesta atividade virtual. E não podemos duvidar disso, já que as empresas capitalistas determinam seus movimentos em todas as direções guiadas pelos resultados financeiros.

Quando se fala em design, logo vem a mente a imagem externa do carro, mas o interior é o mais beneficiado pela realidade virtual. Isso ocorre porque os modelos do interior em *clay* são muito mais demorados de serem feitos, por isso mais caros, e sempre que ficam prontos, percebem-se mudanças que devem ser feitas, o que toma mais tempo ainda. O conceito completo de colocar todos os componentes em um ambiente interativo permite considerar como as peças ficarão quando juntas e a percepção de qualidade que as mesmas proporcionarão.

Uma nova revolução na virtualidade para a Ford é o caminho da holografia eletrônica. Este tipo é a holografia feita a partir de um desenho em três dimensões, algo diferente da holografia conhecida por todos, gerada a partir de um objeto físico já existente.

A prioridade neste sistema foi permitir ao *designer* ou projetista apresentar seu trabalho em três dimensões, conforme foi projetado. Um benefício também é poder apresentar uma proposta para pesquisas de mercado mais cedo. Poder mostrar esse holograma antes do modelo em *clay*, é um grande benefício à velocidade de projeto. O item 6.3 detalha mais essas novidades.

6.2 Digital Mock-Up (DMU)

Um ramo importante dentro do trabalho de virtualidade, são os *mock-ups* digitais. Trata-se de um modelo de testes de um produto puramente eletrônico, como um desenho em CAD.

O objetivo do DMU é ter visão plena e consistente de vários dados do produto ou peças, tais como forma, função e interfaces com contra-peças, para se avaliar a coerência técnica da mesmas. O DMU forma uma base onde se pode testar o projeto de forma virtual, e decidir-se por melhorias com um grande nível de certeza de bom resultado.

O *mock-up* digital é um produto virtual, uma maquete eletrônica. A idéia central deste aparato é realizar testes antes de se construir qualquer componente físico. Assim, os efeitos e interações entre componentes podem ser avaliados e modificados nos estágios iniciais do projeto.

O DMU permite diminuir muito o tempo de ciclos de interação e discussões entre projetistas, engenheiros de produto e de testes, pois as decisões de modificações podem ser tomadas rapidamente.

Se o trabalho de construção de protótipos reais for iniciado, e ao mesmo tempo o DMU for progredindo, na finalização dos protótipos reais muitos dados poderão ser considerados, e os testes reais irão mostrar uma qualidade do produto muito maior [10, 26].

6.3 Progressos para curto prazo

Progressos adicionais dentro do grupo Ford se iniciaram em um trabalho com a DERA (*Defense Evaluation and Research Agency* - Agência de Pesquisa e Avaliação de Defesa do Reino Unido) [29]. A Jaguar, empresa do grupo Ford, estava pesquisando o HUD (*Head Up Display* - Visor de Cabeça Erguida), utilizado em aviação para se projetar informações em um visor transparente colocado entre os olhos do piloto e o pára-brisas do avião, permitindo a leitura de informações sem desviar muito a atenção do tripulante.

O objetivo era conseguir uma imagem com volume, com aparência de massa. A DERA concluiu que esse tipo de imagem é a melhor possível, e a que tem melhor potencial de ser utilizada fora do campo de Defesa..Um especialista em holografia da DERA afirma que a acuidade da imagem em 3D não tem uma solidez, uma precisão para ser bem compreendida pela visão humana, que é muito superior. Imagens estéreo projetam alguma profundidade, mas há distorções. O cérebro se desenvolve acostumando-se a isto, e então tem que se reajustar ao mundo real. Isto destrói a confiança em um ambiente 3D.

O melhor a ser feito é trazer o ambiente do computador ao ambiente das pessoas, e não imergir as pessoas no ambiente do computador. A Ford chama isso de substituição da realidade (*replacement reality*). O objetivo final, ao menos para o

futuro previsto, é ter um sistema que vá muito além de mostrar imagens realistas de objetos. A idéia que os projetistas têm é usar as mãos para controlar a imagem e comandos de voz para o sistema. De acordo com a DERA, isso é mais do que uma possibilidade, pois os sistemas de reconhecimento de voz são já bastante desenvolvidos. Por exemplo, poderá ser dito ao sistema para alongar um pouco uma linha e salvar essa alteração, tudo sem seqüências de comandos complicados, como nos sistemas em uso normal hoje.

Também abrir uma janela em uma superfície externa do carro para ter visão de uma parte mecânica será possível, formando vistas em corte de forma rápida e simples.

Como ferramenta, este sistema deve ser uma “*team tool*”, ou seja, uma ferramenta de trabalho em grupo, que permitirá que engenharia de produto e manufatura possam conversar ao mesmo tempo que o produto vai sendo desenhado. Os tempos de construção de ferramentas e a necessidade de modificá-las serão reduzidos, enquanto que a capacidade de produzir desenhos que são fáceis de construir levarão a uma melhor qualidade no produto.

O último passo da Ford no campo da realidade virtual, é o “*PowerWall*”, ou tela de tamanho grande, onde se pode visualizar o veículo em tamanho real. Este equipamento está instalado em dois locais: Merkenisch, Alemanha e Dunton, Grã-Bretanha [30]. Cada uma dessas telas tem 7,3 por 2,5 metros, e é composto por seis projetores de luz. De acordo com a Ford, o sistema é capaz de funcionar até mesmo sob a luz do dia, o que aumenta as possibilidades de trabalhos visuais. As imagens podem ser modificadas em tempo real, com sombras texturas e brilhos alterando-se conforme as figuras se movimentam. Esta tecnologia não só mostra imagens estáticas, mas também inova com movimentos de componentes, tais como portas se abrindo, instrumentos do painel funcionando e comandos sendo movimentados. Este é mais um passo da Ford em direção ao período de vinte e quatro meses para o desenvolvimento total de um veículo, incluindo aí as propostas de estilo.

7 BANCOS DE DADOS PARA PROJETOS

Uma das vantagens de engenharia virtual é que a mesma significa dividir carga de trabalho. Essa definição pode ser entendida quando se leva em conta que um trabalho de desenho pode ser começado por um projetista na Europa, continuado durante a noite por um no Japão, e na manhã seguinte estar sob responsabilidade de um americano. Isto ainda pode parecer utópico, mas poderá vir a ser realidade em breve. Tudo é uma questão de organização e coordenação.

Como a engenharia virtual abrange o produto, o processo e materiais dentro de um empreendimento orientado por computador, vários assuntos podem ser endereçados no começo do projeto..

Por exemplo, protótipos virtuais permitem verificar ergonomia dentro das plantas de montagem e facilidade de manutenção do veículo.

O software *AutoForm-DieDesigner* [31], cria automaticamente o projeto da ferramenta necessária para se produzir uma peça, ao mesmo tempo em que se projeta a peça. Como exemplo, é citado uma tampa de porta-malas, que tem um projeto de ferramenta de estampagem reduzida de quarenta a sessenta horas para duas a três.

Este software também faz as simulações necessárias com respeito a análise estrutural e rendimento de produção, entre outros, podendo ser analisado e aprovado ou modificado.

A EDS, *Electronic Data Systems*, grande empresa de software e operação de computadores dos EUA, está trabalhando em programas de computador para se utilizar cada vez mais os bancos de dados de informações já consolidadas [11].

Trata-se de um termo conhecido como KBE (*Knowledge-Based Engineering* - Projeto ou Desenho Baseado em Dados Conhecidos) [32].

De forma simplista, podemos explicar esse trabalho como a reutilização de dados de desenho de um veículo em outro, sempre baseado em dados de desenho por computador.

Ao olharmos o mercado de automóveis e os modelos à venda, é muito fácil, para os consumidores confundir um modelo com outro. Muitas vezes até carros de diferentes fabricantes tem detalhes parecidos entre si, o que leva a uma desaprovação por parte da maioria das pessoas. É claro que as fábricas querem fazer produtos diferentes, e não se pode utilizar os painéis externos de uma carroceria em mais de um modelo, ou mudar vários detalhes de ornamentação e manter-se as mesmas formas ao longo de vários anos-modelo de um carro.

Mas as partes não visíveis do veículo podem ser reaproveitadas e usadas em vários modelos diferentes, e é neste ponto que a EDS desenvolve aplicativos para acelerar projetos.

O que a EDS afirma, é que um tipo de alteração de morfologia das peças pode ser feita, permitindo que se altere rapidamente as formas externas (visíveis), mantendo as partes não visíveis iguais. Este processo é baseado em capturar ou reunir modelos associativos de superfícies, misturando o novo com o já existente. O objetivo é poder gerar, de forma automática, novas partes estruturais da peça com informações para a construção de ferramentas de estampagem de chapas de metal ou de molde para injeção de plástico em tempo bastante limitado. E isto deve ser feito para todo o veículo e suas peças responsáveis pelo estilo e personalidade. Não só chapa de aço, mas também vidros, pára-choques e outras peças externas e de acabamento interno. Estes modelos associativos devem evoluir a ponto de serem inteligentes, ou seja, são capazes de se conformarem de acordo com as novas informações de superfície de estilo, por exemplo. Claro está que este processo só poderá ser feito com sucesso a partir de um veículo já existente.

Um outro passo na evolução da velocidade de projeto aplicando-se simulação de desenho é ter peças projetadas já com a intenção de poder alterar sua morfologia .

Isto é o que se chama criar “arquétipos”. Apesar de não ser de explicação fácil, podemos dizer que esses modelos chamados de arquétipos são desenhos de peças ou parte delas cuja principal característica é a de ser um arquivo computacional que é feito para ser alterado quando necessário, de forma simples. Dessa forma, ao se querer alterar algumas de suas características, o acesso a esses arquivos pode ser feito de modo rápido e simples, tudo dependendo da qualidade do equipamento e das pessoas que nele trabalham, obviamente.

Esses programas de computador fazem com que modificações importantes e demoradas do ponto de vista de projeto de peças, possam ser feitas em questão de minutos, com uma base arquetípica determinada, e usando-se uma variação de morfologia dos elementos (peças).

Vários fabricantes têm o receio de que utilizar esse tipo de software não vai garantir a individualidade de seus produtos, pois se acreditam que as variações de formas não podem ser feitas a contento e com qualidade. Mas a EDS afirma que este temor é infundado. A economia de tempo e dinheiro alcançada com esse sistema poderá ser reinvestida em uma criação mais livre e apurada de estilo. Em resumo, a afirmação da empresa é de que peças que não sejam importantes para a caracterização do veículo podem ter um desenvolvimento automatizado, fazendo com que a criatividade do designer e dos engenheiros possam ser aplicadas nas peças importantes para o consumidor.

O raciocínio de banco de dados de peças para projeto nos leva a concluir que alguns detalhes poderão ser consolidados, e serem utilizados projeto após projeto, como se faz hoje com alguns poucos componentes, em vários fabricantes [33].

Olhando mais no futuro, não há grandes dificuldades para perceber que quanto mais dados com qualidade tivermos, mais rápido será o próximo projeto. Isso porque deve-se sempre começar novos projetos baseado em dados já existentes. Trata-se do termo conhecido como *lessons learned*, ou lições aprendidas, já comentado anteriormente. É basicamente, a filosofia mais importante a ser seguida por um engenheiro automotivo. E muito certamente, por qualquer engenheiro.

8 TESTES VIRTUAIS VERSUS REAIS

Os testes de validação de um veículo também podem ser feitos, em parte, por simulação eletrônica. Testes de impacto (*crash tests*) já podem ser simulados com uma precisão em relação à realidade física de mais de 90 % [34]. Porém, testes reais ainda são necessários, porque sempre podem haver imperfeições nos materiais de construção que não podem ser simuladas, variações de montagem que precisam ser consideradas, além das legislações européias e americana exigirem testes físicos para certificação.

Alguns testes climáticos, onde protótipos são enviados a regiões muito quentes e muito frias do planeta, e que tomam meses do desenvolvimento, podem ser simulados com precisão, e diminuem o tempo total do projeto em alguns meses, no mínimo.

Toda a comunidade de engenharia sabe que testes de validação são bastante maçantes. Algo que somente os engenheiros de testes são capazes de suportar e efetuar a contento, dadas as características de repetibilidade e atendimento a procedimentos que devem ser seguidos [35]. Somente pessoas que apreciem muito esse tipo de atividade são capazes de efetuar os testes de forma correta.

Os engenheiros de projeto, por outro lado, não são normalmente treinados para reconhecer as causa e efeitos das falhas que ocorrem nos testes, e são muitas vezes céticos quanto a alguns problemas detectados pelos engenheiros de testes.

Pela experiência observada dentro das montadoras, sabe-se que, para qualquer engenheiro recém-formado, a concepção e entendimento de sobrevivência de um produto ou sistema não é nem um pouco desenvolvida.

Por causa disso, procedimentos de testes que não levam às falhas são realidade em algumas empresas. Os engenheiros de testes devem ser capazes de criar procedimentos que sejam propensos às falhas.

Dessa forma, testes à prova de falhas ainda são difíceis de serem elaborados.

Muitas vezes, testes simulados mostram uma coisa, e os reais, outra. Esse foi o caso do desenvolvimento de suspensão do Jaguar X-Type, lançado no ano de 2001 pela

empresa inglesa, agora controlada pela Ford Motor Company [27]. Seus engenheiros de testes tentaram utilizar simulações, e obtiveram um conjunto de resultados para um determinado ajuste de suspensão e direção. Porém, ao se montar esses ajustes em um protótipo e levá-lo para avaliação em ruas, estradas e pistas fechadas, o que se viu foi um comportamento diferente do que mostrou a simulação. O método computacional foi posto de lado, em prol da avaliação real dos engenheiros.

Com esse caso mostrado, podemos entender que o comportamento de um sistema não depende somente de se ter um modelo matemático de simulação muito bem feito para o sistema, mas também para o ambiente em que se quer simular seu uso. A combinação desses dois modelos é conhecida como MIL (*Model-In-the-Loop* – Modelo “Repetível”). Com esses modelos convenientemente desenvolvidos, pode-se repetir o teste simulado quantas vezes se quiser, alterando-se toda e qualquer variável e verificando o resultado final. [36].

É necessário verificar se já existem componentes que não tem falhas, e que podem funcionar no novo projeto, ao invés de se reinventar. Se uma falha não ocorre em cem carros protótipos, por exemplo, nada garante que em mil carros produzidos nada de errado acontecerá. Isto pode parecer absurdo do ponto de vista matemático, mas em se pensando logicamente, trata-se de uma real possibilidade.

O teste virtual só serve na medida em que se faz a pergunta certa. No caso de um problema ocorrer no mundo real com um componente que não é o que está sendo testado, é claro perceber que isso não ocorreria no teste virtual.

Dessa forma, o programador de computador e o engenheiro de produto e de testes devem trabalhar juntos para dizer o que o programa deve simular e procurar, e não somente gastar tempo em um componente por vez e independentemente.

O Ford Mondeo, modelo médio da Ford Europa, foi totalmente reestilizado em vinte e quatro meses. Um tempo curto também pode ser problema. Para isso ser possível, muitos testes em computadores devem ser feitos. Ao se montar o primeiro protótipo, o estágio de construção de ferramental é tão avançado, que se um problema grave for detectado o prejuízo será enorme.

Um outro ponto importante é que ciclos de desenvolvimento muito curtos levam a não se fazer testes em verão e inverno na quantidade necessária, o que leva a falhas

que podem não ser encontradas no estágio de protótipo, e isso vai acabar sendo descoberto pelo cliente.

De forma simplificada, pode-se dizer que um procedimento de teste muito bom deve ser o seguinte [21]:

- identificar o que funciona bem e não inventar coisas novas onde não necessário;
- promover testes funcionais, ou seja, colocar pessoas que decidem para testar itens e/ou veículos completos em ambientes reais, não-controlados.

Há várias iniciativas [37] no mundo todo que visam o progresso de desenvolvimento virtual, também como forma de se poupar recursos naturais. Um deles é o desenvolvido pelo Ministério Federal de Pesquisas da Alemanha. Trata-se de um programa que se chama “*Integrated Virtual Production*” (Produção Virtual Integrada), que visa implementar as atividades virtuais em vários setores, entre eles o automotivo.

Hoje, cerca de 70% dos testes necessários ao desenvolvimento, podem ser feitos por computadores de última geração, desde que se tenha recursos financeiros para tanto. Dessa forma, muitas montadoras acabam por criar novas empresas dentro de suas próprias, somente para levar a cabo este tipo de trabalho, podendo vender serviços para outras menores, minimizando seu tempo ocioso e lucrando com isso.

Até mesmo testes de motores em dinamômetros podem ser feitos virtualmente.

Uma das principais motivações para se eliminar testes físicos e utilizar os reais, é, obviamente, o custo. Um protótipo é algo de valor elevado, da ordem de US\$ 1,000,000 para um carro de passageiros, pois deve ser criado por pessoas e recursos especializados, e isso tudo para se criar um único item, um único protótipo [38].

8.1 Limite do virtual e real – protótipos

A questão que freqüenta as mentes das pessoas envolvidas com atividades virtuais é bastante simples, porém de resposta complexa e ainda não definitivamente fechada:

Quais os limites para as atividades virtuais ? Em outras palavras, quando algo pode ser feito virtualmente, e quando deve-se partir para o campo da realidade ?

Nos *crash-tests*, 70% das atividades podem ser feitas nos computadores [34], mas o restante tem que ser efetivado com veículos ou sistemas reais, também por motivos de certificação legal (documentos de responsabilidade do fabricante perante as leis). Neste caso, se o trabalho é bem-feito, o consumidor pode ter certeza de que seu carro terá qualidade no quesito segurança.

Atualmente, cerca de só metade do tempo gasto em *crash-tests* de laboratório é utilizado, comparando-se com o ano de 1997. Isso demonstra o quanto já se economiza em testes reais, e o quanto aumenta o uso de realidade virtual.

Na situação atual de urgência de tempo, as atividades virtuais devem ser usadas com a máxima inteligência e na quantidade máxima possível . Deve-se investir mais e mais em laboratórios e computadores que permitam fazer o trabalho de forma rápida, sem erros e em ambientes controlados. De preferência, de forma o mais automatizada possível, para se eliminar fatores humanos.

O desenvolvimento de um carro pode ser descrito, hoje, como procedendo da realidade para a virtualidade e de volta a realidade. Também pode ser compreendido como um ciclo “projeta - constrói – testa – modifica se necessário”, ou seja, um conceito é desenvolvido, protótipos são construídos e depois são testados, da forma com que o consumidor irá utiliza-lo, porém com muito maior rigor científico. Quanto maior a quantidade destes ciclos durante o desenvolvimento, maior a qualidade final do produto, pois há maiores chances de se encontrar defeitos e suas causas quando se faz pequenas melhorias sequenciais ao invés de enormes modificações de uma só vez. Em outras palavras, é uma condição mais controlável. É obvio que, quanto mais destes ciclos possam ser simulados virtualmente, maior será a velocidade do desenvolvimento. Se não é necessário construir nada físico para ser testado, a velocidade de modificações é muito maior.

É claro que desenvolver um veículo desde a sua concepção até a produção, sem montar nenhum protótipo é um objetivo dos administradores de custos. Este objetivo é perseguido por quase todas as empresas de projeto e pelas montadoras.

Mas não parece possível, ao menos até agora, efetivar totalmente essa idéia.

Este caminho aparenta ser o mais correto para se reduzir, ou mesmo eliminar, alguns dos maiores problemas que a indústria automotiva vive atualmente.

Pessoas que trabalham nesta área afirmam que, aprovar um veículo ou partes dele sem ao menos uma verificação real, pode levar a processos judiciais caso ocorram problemas no futuro. Em um extremo de pensamento, isso significa dizer que advogados poderiam procurar defeitos nos projetos de fabricantes em busca de motivos para se processar a empresa.

Este é mais um motivo para se aumentar a importância do sigilo dos projetos. Podemos afirmar que esse fato é por si só contraditório. Todas as empresas automotivas buscam, em menor ou maior grau, uma terceirização de projetos visando reduzir custos com pessoal e horas de máquinas. Se o sigilo é necessário, porque então passar informações de projeto para fora da empresa ?

Pode-se responder essa pergunta com um fato muito simples: é mais barato fazer fora da montadora do que dentro dela. Obviamente dados numéricos não são revelados, mas se fosse mais caro contratar uma empresa de engenharia para uma determinada atividade, ao invés de realizar essa tarefa dentro “de casa”, o fabricante não o faria.

Voltando aos protótipos, deve-se considerar que o cliente que compra o carro poderia não aceitar algo que fosse testado apenas virtualmente. Em uma explicação simplificadora, esse cliente pode entender que o primeiro ser humano a testar um novo modelo real de veículo, é ele mesmo.

O consumidor de carros novos poderia então pensar que a montadora só teria o custo de projeto e construção do carro, sendo o custo de testes passado para o comprador do carro.

Um fato interessante, e muitas vezes difundido como absolutamente real, é relativo ao projeto de uma aeronave. A Boeing Company lançou no mercado, há cerca de oito anos, o modelo 777, seu primeiro avião totalmente projetado em computador [39]. À época, a Boeing anunciava que todo o avião fora desenhado e testado virtualmente, graças à maior capacidade computacional em uso no mundo civil.

O fato é que a aviação (e também a indústria automotiva) faz uso de veículos chamados de “mulas” [40]. Esses são unidades de modelos em produção normal, e que são utilizados pela fábrica em sua frota de testes, com componentes novos

agregados. O objetivo é, então, testar e validar novas peças e conjuntos de forma prática. Um dos termos utilizados pela aviação, além de mula, é *“flying test-bed”*, ou seja, banco de testes voador. (Fig. 3)

Fig. 3 - Aeronave Boeing 707 banco de testes, com um motor fixado na lateral da fuselagem [39].

Na indústria automotiva, é comum montar-se uma carroceria já conhecida e que não chame a atenção, por sobre um novo modelo, com mecânica completa de um carro novo. Isso é feito mesmo quando se necessita modificações para acomodar o novo debaixo do antigo, e até mesmo carrocerias de marcas concorrentes são utilizadas, com o objetivo de dissimular o que está sendo testado. Um exemplo pode ser visto na figura 4, onde toda a parte mecânica do modelo Mercedes SLR, um esportivo a ser lançado em mercado em 2003, está montada por sob uma carroceria de um TVR Cerbera, um caro inglês de arquitetura semelhante, onde até mesmo a distância entre-eixos é diferente [41].

Para a construção dessa mula, os engenheiros da Mercedes efetuaram um trabalho de adaptação da carroceria do TVR Cerbera, de forma a que ela acomodasse todos os componentes a serem testados. Assim, podem rodar normalmente por ruas e estradas sem necessidade de expor as linhas do novo carro (Fig.4).

Fig. 4 – Acima: modelo SLR . Abaixo: mula do SLR com carroceria do TVR modificada. Notar o bulbo no capô dianteiro e o pára-lama dianteiro alterado [41].

Para o proprietário tradicional de carros, saber que seu veículo foi testado por um grande grupo de engenheiros e técnicos significa confiança total no produto, ou seja, uma condução de seu carro sem grandes preocupações.

Há, inclusive, uma pequena história que mostra bem esse fato:

A *British Leyland*, fabricante do Reino Unido que não mais existe, chegou a dominar o mercado local com mais de um terço dos veículos vendidos [40]. Isso ocorreu por volta dos anos sessenta e início dos setenta. Os ingleses, com o humor sarcástico que lhes é peculiar diziam, à época, que a BL possuía o maior grupo de pessoas para testar seus carros. O problema era que a grande maioria deste grupo era formada pelos próprios consumidores.

Este foi um fato que fez o mercado britânico começar a não mais comprar os carros da marca, e quando o faziam, era sempre depois que uma nova versão era lançada.

Podemos afirmar com absoluta certeza que a falta de qualidade gerada pela ausência de testes sérios e em suficiente quantidade, foi um dos motivos da falência da empresa.

A quantidade de protótipos vem caindo em quase todos os programas das várias montadoras, no mundo todo. Para vários modelos, onde só se faz pequenas alterações, já é comum apenas uma unidade montada para uma verificação geral de todas as modificações. Nestes casos, somente após se ter componentes feitos a partir de equipamentos e ferramentais finais, de produção, é que alguns parâmetros são testados. Esse discernimento, porém, só pode ser verificado a partir do conhecimento das pessoas envolvidas no projeto. Apenas pessoas experientes podem assumir, com grande grau de acerto, que alguma parte do veículo pode ser fabricada sem a necessidade de testes com protótipos.

Quando se pensa nos possíveis processos judiciais que possam ocorrer caso algum problema aflore nas mãos dos clientes, devemos nos preocupar em sempre trabalhar sobre os detalhes mais insignificantes à primeira vista, mas que podem levar a problemas futuros.

Do ponto de vista da Manufatura da empresa, é claro que não há como escapar da necessidade de se ter vários veículos reais para que ocorra o processo de treinamento. Não é possível se colocar um modelo inédito em uma linha de montagem esperando que as pessoas que estão acostumadas com um carro sejam capazes de montar um outro. Para que se ensine como montar e haja tempo de aprender, há várias atividades que são efetuadas ao longo do tempo de projeto. Várias delas ocorrem em áreas experimentais da engenharia de produtos, porém com a participação de equipes que irão montar o novo carro na planta, incluído aí as pessoas da manufatura da companhia. Essas atividades tem a função de demonstrar como montar, permitir que todos os envolvidos manuseiem as peças e façam suas montagens de responsabilidade. Para isso, o carro pode ser montado e desmontado quantas vezes for necessário. Neste tipo de trabalho, muitos problemas podem ser detectados, e modificações são iniciadas a partir daí.

Em suma, podemos enumerar como atividades que podem ser feitas virtualmente, no campo de protótipos, como sendo as seguintes:

- avaliação de componentes por visualização;
- avaliação de variações ou alternativas de projeto;
- estimativa da qualidade da superfície da carroceria;
- avaliação do interior do carro;
- Avaliação ergonômica, com auxílio da realidade virtual.

Conforme afirmado por Thomke, St. e Fujimoto, T. apud Bullinger et al. [10], o uso de protótipos virtuais nas fases iniciais de um desenvolvimento, otimiza todo o processo.

Podemos notar que se a participação de equipes de fábrica for fomentada desde o início do projeto, quando se chegar o momento de montar o primeiro carro real, os problemas serão mínimos, ou até inexistentes.

9 PARCERIA COM FORNECEDORES

Os fornecedores se tornam, cada vez mais, poderosos e influentes na definição dos veículos logo no começo dos projetos.

Na ânsia de cortar custos, as montadoras estão passando cada vez mais as responsabilidades de desenvolvimento para os fornecedores, principalmente através de que se chama de módulos. [42]

Módulos são conjuntos de peças montadas e prontas para serem colocadas no carro. Como exemplo, podemos citar o conjunto mola, amortecedor, batentes de suspensão, ponta de eixo e conjunto de freio, com disco, pinça e pastilha. Um conjunto desse tipo é montado pela Varga e recebido pela Volkswagen para montagem do Gol.

Um outro exemplo de módulo é o painel de instrumentos do Celta, da GM. Todas as peças que o compõe, tais como o próprio painel plástico, os instrumentos elétricos, a fiação, o conjunto de ventilação com portinholas, aquecedor e demais peças, são todas colocadas na linha de montagem pelo fornecedor deste conjunto chamado de “*cockpit*”, no caso, a Siemens-VDO.

Quando os fabricantes eram responsáveis por todo o desenvolvimento de um projeto, e tinham rígido controle interno sobre essa atividade, não era possível aos fornecedores opinarem com muita ênfase sobre o que estava sendo feito.

Claro, então, que ocorriam muitos problemas de dificuldade de montagem, qualidade destas montagens e outros, devido a essa falta de autonomia do fornecedor.

Isso não é mais verdade. Atualmente, a maioria dos fornecedores de nível 1 (*Tier I*), que são aqueles que entregam sistemas diretamente às montadoras, são capazes praticamente de projetar um carro inteiro.

Várias dessas empresas inclusive constroem veículos-conceito, para demonstrar essa capacidade.

Alguns deles são o Vusciá, do estúdio italiano IDEA, o modelo fora-de-estrada Model E, da empresa de mesmo nome, e o 3PV, da TWR do Reino Unido, construído atendendo a solicitação da conceituada revista britânica Autocar [43, 44].

Estes projetos são exercícios com a principal função de demonstrar a capacidade dessas empresas. As mais conhecidas hoje em dia que tem capacidade de projetos bastante completos, são Visteon, Delphi, Johnson Controls, Dow Automotive, Intier-Magna, EDAG e MSX. Estas são as mais antigas e por isso mesmo, pioneiras no negócio de vender engenharia. Cada vez mais, essas empresas, e outras novas que irão surgir, terão seus serviços contratados pelas grandes montadoras, numa tentativa de reduzir custos, e focar melhor as responsabilidades de cada grupo dentro e fora das empresas.

Uma relação mais próxima com os fornecedores, quer seja de peças ou de equipamentos, é necessária para acelerar um projeto. Somente fornecedores de peças ou conjuntos que são montados diretamente nos veículos, conhecidos como *Tier 1* poderão participar de um ciclo de baixa duração de projeto. Os fabricantes de peças já previamente existentes, ou que são vendidas a fornecedores *Tier 1*, devem ser tratados à parte, não podendo ser participantes diretos. Isto leva os fornecedores *Tier 1*, aqueles que são sempre os responsáveis pelos módulos e peças montados diretamente nos veículos, a procurar a especialização dos sub-fornecedores, os “*Tier 2*”, em muitos casos, chegando até mesmo ao extremo de adquirir essas empresas.

Isso se deve, principalmente à dificuldade de administrar muitas empresas e pessoas em torno de um objetivo comum, que neste caso, é produzir conjuntos que atendam plenamente os requisitos das montadoras de automóveis.

Como o poder econômico pode resolver vários problemas, a criação de novas empresas que englobam várias que antigamente operavam separadas tem sido um caminho praticado.

Dessa forma, há um nivelamento do conhecimento dos fornecedores, e isso levará a uma pressão ainda maior para diminuir custos, pois uma inovação que traga vantagem competitiva terá que ser praticamente uma obrigação desses fornecedores para manter os clientes.

O que as montadoras parecem esquecer, ou não se preocupam, é o fato que, em pouco tempo, os fornecedores terão maior poder sobre o produto final do que a própria montadora. Isso é especificamente grave no caso de administração da marca, e imagem que a mesma tem perante os consumidores. Uma marca bem conceituada

precisa saber até onde um desenvolvimento pode ser colocado sob responsabilidade de fornecedores de conjuntos ou módulos, e o que deve ser de responsabilidade do corpo técnico da montadora.

Os motores são um bom exemplo. Muitas marcas tem características extremamente particulares de comportamento do conjunto de propulsão, e colocar a responsabilidade de desenvolver um motor para uma marca nas mãos de outra empresa é delicado. Isso é feito com naturalidade no mercado de pesados, tais como caminhões e ônibus, onde é muito comum marcas como Ford e Volkswagen utilizarem motores MWM ou Cummins ou outros. Devemos lembrar que esse é um tipo de veículo eminentemente comercial, onde sensações de condução, ou emoção ao dirigir não são primordiais e nem ao mesmo consideradas no momento da compra.

Já no mercado de automóveis, o fator emoção é o predominante, apesar de atualmente, os serviços pós-venda serem cada vez mais pesados na hora da compra. Se o cliente gostar da aparência do carro e do seu comportamento, principalmente no tocante ao motor, a venda estará quase consumada.

Portanto, a responsabilidade dos fornecedores e das montadoras deve ser muito bem demarcada, e os limites constantemente estudados, avaliados e alterados se necessário.

Os fabricantes devem se ater, no momento, a definir as competências para cada sistema ou peça, sob o risco de perder o controle do produto para os fornecedores, um risco real, já que vários conjuntos de peças são entregues às montadoras hoje, sem que as mesmas saibam exatamente o que os compõe [42].

Deduzimos que a montadora, dona de uma marca, deve zelar por ser a controladora do projeto, e tomar para si a integração de sistemas, não deixando essa tarefa para fornecedores. Assim, se um problema surge na interface de dois sistemas, fixação dos braços de direção na caixa de direção, por exemplo, quem deve tomar a frente e utilizar o conhecimento para solucioná-lo é a montadora, e não os fornecedores de ambos os componentes, que devem, é claro, participar do processo.

Há uma estratégia que foi criada pela General Motors nos Estados Unidos, chamada de Projeto *Yellowstone*, onde o veículo é montado em parte dentro de instalações da montadora, e depois sai de seu terreno para que seja continuada sua montagem

dentro de fornecedores. Esse projeto já suscitou muita polêmica por parte do sindicato dos trabalhadores das montadoras, o UAW (*United Auto Workers*) americano, que vê isso como uma diminuição de postos de emprego, e que vemos como uma perda da autoridade sobre o produto por parte de engenharia e manufatura do fabricante que adotar essa idéia. Trata-se de entregar, em boa parte, a capacidade de decisão do proprietário da marca, para fornecedores. A Ford e a DaimlerChrysler também têm projetos semelhantes.

Outro ponto importante quando se fala de parceria em projeto e montagem de veículos que deve ser levado em conta, é a maior complexidade para se gerenciar um sistema desse tipo.

Os recentes avanços da Internet e suas aplicações no ramo de comércio por via eletrônica, conhecido como “*e-commerce*”, nos coloca diante de possibilidades interessantes [45].

Várias ferramentas utilizadas em projetos podem ser integradas entre montadoras e fornecedores. Isso significa que um tipo de trabalho que até hoje necessita da reunião de pessoas para ser feito poderá, em breve, ser desenvolvido através de via eletrônica, o que irá acelerar o projeto.

Essas ferramentas são, entre outras, o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* – Análise dos Modos e Efeito das Falhas), QFD (*Quality Function Deployment* – Desdobramento da Função Qualidade), VA (*Value Analysis* – Análise do Valor), DFMA (*Design for Manufacture and Assembly* – Projeto para Manufatura e Montagem) e MC (*Morphological Charts* – Cartas Morfológicas).

Ao se utilizar recursos de fornecedores para auxílio aos projetos das montadoras, essas devem ter como ponto prioritário a qualidade das informações fluindo entre as duas partes. Não se pode esquecer da confidencialidade das informações que irão para fora da montadora, e deve ser cobrado um compromisso por parte dos fornecedores [46].

Os processos de informação devem também prover valiosos dados para todo o sistema. Podemos citar como exemplo, uma apurada análise dos custos por parte do fornecedor e do comprador da montadora, além do engenheiro responsável. Se um

bom fluxo for incentivado nessa união, as modificações necessárias no produto serão muito menos traumáticas em relação a custo e prazo.

De qualquer forma, ao se passar adiante responsabilidades, ou ao se dividi-la com outros, deve se ter em mente que o controle de todos os requisitos também fica subentendido. Como os seres humanos não são perfeitos, é claro que problemas ocorrerão por pensamentos do tipo “isso não é minha responsabilidade” ou “se isso fosse importante, alguém da montadora estaria fazendo ou controlando”.

Devemos sempre nos lembrar que um grande poder carrega consigo uma grande responsabilidade.

Este é um grande desafio, e reforça ainda mais a idéia de que a montadora deve ser dona do projeto e sua integração, em amplos níveis, e não apenas uma agregadora de peças e idéias.

Dessa idéia de divisão de responsabilidades, somada com a preferência das montadoras em fazer produtos cada vez mais padronizados, sem grandes variações, desenvolveu-se o conceito de tentar atender o cliente com exatamente o produto desejado, além de se otimizar a montagem desse produto, materializando-o apenas após o pedido ter sido feito. Este conceito chama-se “*build-to-order*”.

10 BUILD-TO-ORDER

Para se realizar um projeto de forma rápida, uma boa condição é ter um mínimo de variações de modelos, opcionais e acessórios, de forma a simplificar o trabalho de criação do engenheiro.

Porém, o comprador de carro zero-quilômetro prefere dispendar seu dinheiro com um veículo que ele gosta, sem cores e acessórios que outra pessoa escolha, principalmente se esta pessoa não for conhecida. Fica óbvio, então, que oferecer um carro montado para atender exatamente a necessidade do cliente é um bom negócio. Se isso puder ser feito somente depois que o cliente formalizar seu pedido, melhor ainda, pois a empresa não estará gastando dinheiro antecipadamente, sem ter certeza que aquela unidade será vendida.

Na atual situação de concorrência entre montadoras, e “*overcapacity*” (produção mais rápida que as vendas) das mesmas, fica óbvio que quanto antes se colocar um novo produto que atenda exatamente as necessidades dos clientes no mercado, maior será a chance de vendê-lo em grandes quantidades.

Destas verdades nasceu o conceito de “*build-to-order*” [47], que significa montar um carro de acordo com o pedido do cliente, para evitar que carros com características e opções não muito populares e desejáveis, sejam montados e entregues aos concessionários, o que gera carros por muito tempo parados, sem compradores. Os motivos vão desde uma cor um pouco diferente das normais, até uma combinação de opcionais estranha, como ar condicionado sem direção hidráulica, por exemplo.

Na Europa, cerca de 50% dos veículos são produzidos após os pedidos dos clientes, o que significa que a outra metade tem que ser capaz de encontrar o comprador, ou seja, ficam acumulando pó enquanto o cliente não aparece.

O tempo de atendimento de um pedido colocado em uma concessionária, está em uma média de seis a sete semanas, o que é muito tempo para quem quer um carro novo.

Nos Estados Unidos, essa proporção é de 5 % de carros montados seguindo um pedido, e 95% montados de acordo com as programações das fábricas.

Os tempos para esvaziar os estoques são de cinquenta dias no mínimo na Europa, e de quarenta a cem dias nos EUA, dados de meados de 2001.

É simples imaginar os custos gerados por esses prazos. Isso gera uma situação de constantes promoções e incentivos, visando girar rapidamente os estoques, para fazer o dinheiro entrar o quanto antes para os concessionários e as montadoras.

Para piorar essa situação, o tempo médio de vida de um produto, sem modificações importantes, está caindo. Em 2005, três anos será o período médio que um modelo irá se manter no mercado com a mesma aparência. A média de vendas anuais de veículos por modelo, caiu de cento e quarenta mil unidades em 1990 para oitenta mil unidades em 2001, nos mercados da Europa e América do Norte.

Além disso, as faixas de mercado por tipos de veículos, estão se dividindo em nichos, tentando atender a necessidade de individualização do cliente.

A engenharia de produtos deve ser capaz de colaborar no processo de *build-to-order*, o que pode parecer simples, mas inclui problemas de logística bastante complicados, agravados pelo desejo do consumidor em ter um carro diferente do de seu vizinho.

Um método para se obter isso é usar ferramentas de CPC (*Collaborative Product Commerce* - Comércio de Produtos Colaborativo) [48]. Este processo visa conectar via Internet, todo o ciclo de vida do veículo. Dessa forma, os fornecedores poderão entrar com dados sobre suas peças ao longo de toda a vida do produto, sugerindo melhorias e reduções de custos. Ele provê uma arquitetura para integrar, *online*, a divisão de conhecimento do produto, com as aplicações de negócios, tais como cadeia de suprimentos, gerenciamento de informações do produto e CAD / CAM. Também as informações necessárias para a reciclagem das peças do carro devem fazer parte desse sistema.

Esse método é tido como a grande possibilidade dos fabricantes “encontrarem” finalmente os consumidores, aumentando as vendas de produtos personalizados, e ao mesmo tempo reduzindo ciclos de tempo de projetos com maior qualidade.

Há dois sistemas que já trabalham dessa forma: o i-Series, da PTC e o ENOVIA Portal, da IBM e Dassault Systèmes. Ambos visam fortificar a colaboração entre montadoras e fornecedores via um ambiente de computador Microsoft Windows [47]. Este é um caminho com muitas possibilidades, mas que deve ser muito bem trabalhado para se obter resultados palpáveis.

10.1 As barreiras ao *build-to-order*

Todo o processo de fabricação e venda de carros, tem sido, até agora, baseado na cultura de fazer de acordo com previsões e vender de acordo com o estoque. Toda essa cultura deixa de existir com o advento do *build-to-order*, obviamente [47]. Além disso, todos os processos e tecnologias de informação, são baseados em decisões de planejamento visando horizontes temporais distantes, sem a necessidade de se integrar diferentes elos da cadeia de suprimentos, de forma a monitorar o progresso e confiabilidade no atendimento aos cronogramas. Normalmente, os cronogramas são vistos como sempre mutáveis, e muitos profissionais só os fazem por necessidade cosmética, e não como objetivo de trabalho. Isso precisa mudar.

10.2 Os requisitos do *build-to-order*

O *build-to-order* tem vários requisitos para funcionar. Estes estão listados a seguir.

10.2.1 Informação

De todo o tempo entre o pedido feito pelo consumidor e a entrega do veículo na concessionária, somente 4% é gasto na produção do carro. O restante é tomado pelo processamento de informações para se montar esse carro. Esse desperdício é dividido entre montadora e seus fornecedores. Estes sempre se atêm à idéia de que as previsões das montadoras tendem a não ser confiáveis a longo prazo, e não se programam em avançado para fabricar suas peças. Assim, se pedirmos um carro hoje, o volante de direção que será montado nele, pode não estar dentro da montadora, e até mesmo o metal usado para formar sua estrutura pode ainda nem ter sido comprado pelo fornecedor do mesmo.

10.2.2 Visibilidade das informações

A facilidade para se ter acesso a informações dentro da cadeia de suprimentos deve ser melhorada. Independente da função na enorme malha de suprimentos, todos os

integrantes deverão estar conectados on-line nas necessidades do mercado, para poderem antecipar suas programações. Isto irá diminuir as necessidades de estoques de todos os fornecedores e seus sub-fornecedores, aumentando a velocidade e diminuindo os custos. As variações das necessidades irão ser regidas diretamente do mercado para os fornecedores, e não via montadora, como é hoje.

Esta é a finalidade mais desejada do *e-commerce* no momento, e deverá ser até que seja totalmente implementada, esperamos, em futuro a médio prazo.

10.2.3 Confiabilidade na planta

A planta de fabricação confiável é um outro requisito para o *build-to-order*. As cabines de pintura de carrocerias são o maior problema para atingir os prazos curtos. Isso ocorre porque é muito mais fácil e barato pintar muitas carrocerias com uma só cor durante o máximo de tempo possível, para se ter velocidade e estabilidade de processo. Mas não são todos os consumidores de carros vermelhos que vão às lojas no mesmo dia, ficando os que preferem os pretos para o dia seguinte. Este é mais um desafio para os engenheiros de manufatura.

10.2.4 Padronização dos produtos

Padronizar produtos é outro requisito necessário. Não somente de plataformas de veículos, como é comum falar hoje em dia, e que na prática não é tão simples. O principal seria ter carrocerias o mais próximas possível umas das outras, com as peças não visíveis para o consumidor, comuns. Isso reduz a complexidade de montagens e agiliza o processo como um todo. A Volkswagen está em busca de ter uma estratégia de módulos, ou conjuntos de peças o mais comuns possível entre os seus carros, das várias marcas que controla. Assim, o conjunto de freios de um Skoda pode vir a ser o mesmo de um Audi, aumentando a disponibilidade das peças ao longo de suas fábricas.

Devemos criticar um dos resultados dessa estratégia, que é ter carros com características cada vez mais semelhantes, onde as personalidades automotivas vão

se perdendo, apesar da qualidade ser muito melhorada, pois o tempo para se desenvolver novas peças pode ser gasto na melhoria das já existentes.

10.2.5 Integração dos fornecedores e da montadora

Integrar significa fazer com que partes diferentes estejam juntas. O conceito aqui discutido requer que haja uma convivência entre fornecedor e montadora. Trata-se de um sistema cuja maior expressão é o condomínio industrial, onde os fornecedores de sistemas grandes, complexos e/ou caros estão junto da montadora. Sistema já implementado pela GM em Gravataí, RS, pela VW em Resende, RJ e pela Ford em Camaçari, BA. Outras montadoras estão copiando e adaptando o sistema, visto como um grande acelerador do atendimento ao cliente.

O *build-to-order* não só requer mudanças significativas no método como os carros são fabricados e vendidos. Ele também pede mudanças no modo como as fábricas pensam seus produtos, ou seja, buscando sempre o mínimo de variações para fazer o trabalho de engenharia de produto ser simplificado e realizável em pouco tempo.

11 PROTOTIPAÇÃO RÁPIDA

As técnicas de construção rápida de protótipos [17] estão sendo cada vez mais utilizadas, para acelerar o tempo de execução física das unidades necessárias ao andamento de um projeto. Trata-se de métodos de construção de peças que não necessitam de moldes ou conformadores para serem fabricadas. Em termos simples, é uma peça que sai diretamente de uma máquina, sem precisar de fôrmas, ou moldes, baseada em suas informações matemáticas, ou desenho eletrônico. Essas técnicas são conhecidas como “*Rapid Prototyping*” (Prototipação Rápida).

Deve-se salientar que a maior parte das técnicas atualmente empregadas [10] não permitem que testes físicos sejam feitos com esses protótipos, pois os materiais de que são feitos não atendem a vários requisitos, por exemplo, os de resistência a impactos. Assim, a peça gerada é um protótipo técnico, do ponto de vista de dimensões principalmente, mas não funcional. Algumas técnicas estão sendo desenvolvidas para se obter protótipos funcionais.

Dessa forma, peças que tomariam semanas para serem construídas, passam a poder ser tocadas e analisadas fisicamente em poucos dias.

A estereolitografia (STL) é o exemplo mais conhecido. Neste sistema, uma resina especial é depositada em camadas bem pequenas, ao redor de 0,3 a 0,6 mm, dependendo da peça, comandado por um programa de computador, gerado a partir do desenho eletrônico do produto.

Mas a maior novidade neste campo é a evolução deste processo, onde se usam materiais mais avançados, e que permitem inclusive testes funcionais, onde a peça protótipo será submetida a esforços similares aos da peça final de produção.

Estas novas técnicas geraram o termo *Rapid Production* (Produção Rápida), onde temos uma peça feita como descrito acima que pode ser usada na montagem de protótipos pelos métodos normais de linha de produção. Em um tempo futuro bastante próximo, se poderá gerar essas peças para a execução de uma corrida-piloto, o que será um grande avanço na velocidade de projeto automotivo.

Para isso, existem sistemas que estão sendo desenvolvidos, que podem trabalhar com plásticos, metais (aço 316L e liga TA6V) e cerâmicas [49]

Modelos de peças feitas com métodos de prototipagem rápida são usados há bastante tempo. Mas a tecnologia nos trouxe poderosos sistemas de CAD que podem produzir muitas variantes de desenho e grande flexibilidade, em períodos mais curtos e com menor custo. Até alguns anos atrás, modelos em escala real de novos veículos só existiam fisicamente, feitos dentro dos departamentos de estilo. Hoje, os engenheiros trabalham com sistema em 3 dimensões, virtuais, em que se pode imaginar todo o carro sem se construir uma peça verdadeira sequer.

Também há uma variável nessa tecnologia, de onde se pretende chegar à construção de ferramentais para uso na confecção de peças finais, que serão montadas nos veículos a serem vendidos. Essa técnica é conhecida com *Rapid Tooling* (Ferramental Rápido) [10].

12 APROVAÇÃO RÁPIDA PARA O PROJETO RÁPIDO

Todo esse esforço de projeto em curto tempo deve começar com a aprovação também rápida do mesmo. Para isso, o novo veículo deve ter um conceito bastante completo e fácil de ser entendido. Não devem existir características importantes o suficientes para mudar o rumo do projeto. Essas características devem estar definidas até a data de aprovação do conceito, e devem ser esclarecidas à toda organização nessa fase.

Simulações de itens básicos tais como forma geral do veículo, que é ditado pela aerodinâmica, por exemplo, devem ser feitos antes da aprovação do projeto. É possível demonstrar, por exemplo, as vantagens de um aerofólio sobre a tampa traseira do veículo, no quesito estabilidade em alta velocidade, de forma virtual, utilizando-se programas onde se possa comparar o carro com e sem o componente.

Dessa forma, na aprovação do conceito do veículo, deve ser levado em conta a relação custo / benefício de um componente como este. Isto já foi feito em 1994 pela General Motors, na divisão Saturn, utilizando o software GMTEC_GS [50].

Essa atividade depende em sua totalidade das pessoas que detêm a autoridade dentro da empresa. Esse pode ser um caso de poucas pessoas, mesmo em conglomerados muito grandes. Esses executivos devem, obrigatoriamente, ter conhecimento dos concorrentes, para julgar o que é importante no novo projeto e o que pode ser descartado. Esse conhecimento deve ser baseado em grande parte na percepção do público a que o novo carro se destina.

O grupo de gerenciamento de um projeto é desafiado a tomar decisões apropriadas e claras diretamente no início de um programa, a respeito de métodos e ferramentas a serem usadas no desenvolvimento [13].

Isso faz com que esses tomadores de decisão devam ter características de gurus, ou adivinhos. Esta conclusão pode não parecer nem um pouco técnica, mas cada vez mais os sentimentos dos profissionais de engenharia são levados em conta na solução de problemas. Isso denota uma valorização fantástica da experiência acumulada, que significa poder “sentir” se as características do veículo irão agradar ao público ou não. Este fato alegra por demais os entusiastas de automóveis que trabalham em montadoras, pois eles serão cada vez mais valorizados.

É extremamente importante que, durante o caminhar de um projeto, haja informação honesta fluindo entre os departamentos das fábricas, para garantir que um projeto rápido seja também aceitável pelo consumidor. E principalmente entre os grupos que lidam diretamente com os problemas e as gerências. Isso evita problemas muito sérios, tais como um carro ter, reconhecidamente, problemas estilísticos, mas não ser alterado porque foi dessa forma que a diretoria da empresa o aprovou. Este é o caso do Pontiac Aztek, extremamente criticado [51] nas clínicas de pesquisa com consumidores, mas que foi desenvolvido porque havia sido aprovado pela diretoria, da GM, e mudar seu estilo significaria gastar muito mais dinheiro e tempo. Uma decisão de risco, que provou não ser acertada, pois as vendas do modelo sempre ficaram abaixo do planejado.

13 A PROPOSTA PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE PROJETO.

Uma proposta para um método organizativo de projeto será mostrada a seguir.

Trata-se de um método extenso, que não poderá ser totalmente detalhado neste trabalho, e cujas etapas mostradas poderão servir de inspiração e desafio para quem quiser se aprofundar no assunto.

Inicialmente deve-se levar em conta que não é possível se desenvolver um método de projeto levando-se em conta apenas o produto. Deve-se também pensar nos processos necessários para se montar esse veículo.

Um método de definição de risco de execução do projeto também precisa ser considerado.

Quando se deseja projetar em curto período, muitos riscos devem ser calculados e assumidos. Por exemplo: um teste estrutural de um novo assoalho (piso) do veículo, não pode ser negligenciado, pois trata-se de um componente extremamente básico e importante. Assim sendo, este não é um componente onde resultados numéricos de resistência mecânica possam ser assumidos. Eles devem ser calculados e confirmados através de testes, o que pode ser feito de forma virtual, principalmente através do Método de Elementos Finitos (FEM) ou na prática. Para isso, é claro que um protótipo terá que ser construído, e voltamos, assim, ao dilema do custo e tempo para se construir protótipos, já discutido anteriormente.

Já uma força de fechamento da tampa de um porta-malas pode ser adotada como padrão, e o desenho dos componentes pode ser feito de forma a não se ultrapassar essa força. É claro que, quando se construir o primeiro veículo real esse valor terá que ser verificado.

Para simplificar, podemos afirmar que todo o processo de projeto deve ser integrado. Isso significa dizer que todas as atividades devem considerar o ciclo de vida do produto. Os aspectos de como o projeto deve ter seus requisitos relacionados para se economizar em tempo e dinheiro, devem ser analisados.

O tipo de pensamento das pessoas que trabalham no projeto deve ser conhecido. É necessário que os membros tenham uma filosofia definida [52], e não trabalhem apenas pelo salário. As comunicações e o trabalho em equipe são fundamentais para o sucesso de um projeto. Para aprimorar as comunicações entre as diversas áreas de

um desenvolvimento, considera-se importante que o chefe de projeto seja uma pessoa com grande experiência em engenharia de peças e componentes. Esse profissional deve passar por várias áreas da empresa antes de poder gerenciar um programa ou projeto [53]. Este cabedal de conhecimentos é capaz de fazê-lo ser uma pessoa com uma visão completa do processo de desenvolvimento, e que deve ter como principal desafio o desenvolvimento de seu grupo de engenheiros, para só então considerar os desafios técnicos como algo que pode ser superado com o trabalho em grupo. Não se pode esperar o mesmo de outro tipo de profissional.

13.1 O que deve ser considerado na proposta

Para que funcione, um método coordenado de projeto deve considerar várias atividades sendo efetuadas de modo transparente, isto significa que devem poder ser vistas e avaliadas por todo o grupo que trabalha no projeto.

Listamos os seguintes itens, que mostram departamentos da empresa e algumas atividades desempenhadas como as básicas para isso:

Gerenciamento da marca – O departamento responsável pela marca do veículo, ou do fabricante, geralmente conhecido como departamento de *Marketing*, deve ter sempre em mente que mercado será atingido, e a que momento, para colocar suas necessidades de forma clara.

No decorrer do projeto não poderão ser feitas mudanças neste perfil do produto de forma a alterar características importantes e que atrasem o cronograma originalmente planejado. Para se explicar melhor essa afirmação, pode-se utilizar como exemplo duas características importantes.

A primeira delas é o formato e tamanho dos faróis dianteiros. O departamento de *Marketing* pode solicitar faróis de um determinado tamanho, com uma forma futurista. Isso só pode ser feito antes da aprovação do conceito do projeto, ou seja, do congelamento da aparência do carro. Se durante o decorrer do projeto das peças for detectada uma tendência de estilo em se usar faróis pequenos e de formato redondo, por exemplo, todas as peças que fazem fronteira com os faróis serão afetadas, geralmente pára-lamas, capô e pára-choques.

Uma outra característica importante que é ditada pelo *Marketing* da empresa são as cores externas dos veículos. Esse dado pode ser um dos últimos a ser escolhido, pois a indústria de tintas já tem capacidade de trabalhar rápido, sendo capaz de apresentar novas cores em questão de poucas semanas.

Assim sendo, há itens que podem ser alterados após o início do projeto do produto, e outros que devem ser definidos nos estágios iniciais de conceito. Cabe à empresa saber administrá-los.

Projeto (desenho) e liberação – Esta é uma atividade normalmente desempenhada pela Engenharia de Produto, em conjunto com os desenhistas / projetistas. Trata-se dos desenhos de peças, sistemas, conjuntos, esquemas de montagem, materiais a serem empregados e outros necessários à construção física do produto. A liberação é uma etapa em que os desenhos são oficialmente disponibilizados aos departamentos comerciais da empresa, que poderá, então, ter certeza que aquilo que está em desenho é o que será comprado e pago. Só com essa etapa concluída é que os preços das peças podem ser definidos.

Para uma alta eficiência da área de projeto, devemos considerar a opção de se trabalhar com conjuntos de componentes, em uma base de concorrência entre tipos de projetos, de conjuntos de peças [53]. Deve-se sempre estar projetando alternativas para os mais diversos sistemas, e que poderão ser usados rapidamente quando surgir uma nova necessidade dos clientes, em forma de um novo modelo para o mercado.

Finanças – Com os preços negociados pelo departamento de Compras, a área de Finanças deve calcular o custo do novo veículo, e do projeto como um todo. Claro que para isto deve ser considerado todo o custo de operação da fábrica, seja interno, seja de atividades externas. É um processo bastante complexo, e onde erros são frequentes. Por isso deve-se sempre levar em conta as dificuldades dessa área em apresentar resultados rápidos. Também é das mais sigilosas, portanto, não são atividades normalmente transparentes para as demais áreas da empresa. É daí que se pode saber exatamente qual o montante de lucro com um determinado produto. É uma área que, acredita-se, seja ainda objeto de muitas evoluções com o passar do

tempo. A capacidade de previsão financeira de um projeto, então, é um campo de trabalho que precisa ser ainda explorado.

Recursos Humanos – As quantidades de profissionais para cada atividade devem ser perfeitamente balanceadas, para evitar sobrecargas de algumas pessoas, atrasando o projeto como um todo. Não se trata apenas de escolher os melhores profissionais. Muitas vezes, esses são os mais difíceis de se lidar, com personalidades complicadas. Pode parecer estranho, mas pessoas com comportamento previsível podem ser melhores no desempenho de algumas funções que a atividade de projeto requer.

Muito provavelmente o mais difícil de ser gerenciado são as pessoas [9]. As variações de comportamento entre os existentes tipos de pessoas são praticamente infinitos, e só os profissionais de área humana colocados para trabalhar com os da área exata, sabem o quanto isso é verdadeiro.

Gerenciamento – Administrar o projeto requer um profissional (ou mais de um) com visão clara do conjunto completo. Isso significa não ficar focado em detalhes absurdos, como o que certo engenheiro faz ou deixa de fazer, mas sim avaliar constantemente a situação do projeto como um todo. Claro que o administrador deve dar atenção ao seu grupo, pois somente com pessoas reconhecidas e motivadas é que o trabalho caminha a bom ritmo, mas sem se prender a detalhes desnecessários.

Garantia de mercado – Trata-se de realizar eventos que são conhecidos como clínicas. Estes eventos visam mostrar o produto que está sendo feito para um público selecionado, preferencialmente aquele que foi identificado como o futuro comprador do produto. Também pode ser feito com formadores de opinião, mas esse é um caso raro, e que exporia demais o projeto, pois normalmente, tratam-se de pessoas conhecida da Imprensa, e que têm seus passos seguidos de perto.

As clínicas tentam mostrar, através de dissimulações e várias opções, os detalhes de projeto, principalmente de estilo, do novo carro. Em casos extremos, podem ser colocadas diversas opções de estilo para que o público opine, e, entre estas, normalmente está o novo produto. Pode ser totalmente exposto ou parcialmente

camuflado, Isto depende muito do que se pretende com a pesquisa e quanto se pode revelar do novo veículo.

Uma prática por vezes empregada quando não se quer revelar de forma alguma qual será a configuração mecânica do veículo, é montar o conceito com um motor que não tem a menor chance de ser empregado em produção. Um exemplo é colocar um motor de carro de corrida em um sedan familiar [54].

Essa prática tem o objetivo de desinformar ou confundir, e fazer os clientes pesquisados não serem capazes de revelar à Imprensa exatamente o que viram.

O preço do produto também é pesquisado nestes eventos, e aí deve-se mostrar claramente ao possível consumidor, o que o carro terá como equipamento e características básicas, além do que pode vir a ser um item opcional.

As clínicas devem garantir que os desejos dos consumidores sejam convenientemente alocados no produto, por isso, devem ser bem planejadas e executadas, e seus resultados muito bem aproveitados, não apenas estatisticamente, mas também em busca de detalhes apontados por alguns consumidores, que podem vir a ser o diferencial do produto.

Um outro modo de se avaliar os projetos futuros é montar o que se chama de carro-conceito, ou “*concept cars*”. Estes veículos são os equivalentes automotivos dos trajes fora do normal que são mostrados em desfiles de moda. Eles devem mostrar tendências que a indústria está pensando e trabalhando, e a reação do público deve ser avaliada e mensurada com cuidado. Pode ocorrer de um conceito ser extremamente aclamado pelo público, mas ser de custo e preço tão altos, que sabe-se de antemão, não irá vender. Neste caso, a empresa pode optar em produzir novos modelos com características que foram mostradas no conceito, tentando capitalizar em cima de detalhes aprovados pelo público consumidor.

Óbvio que um modelo deste tipo custa muito dinheiro, mas, normalmente, mesmo um *mock-up*, ou modelo estático, já se presta muito bem para a avaliação. Não é necessário que o carro ande, pois ele será mostrado em Salões ou exposições onde não há esta necessidade.

Se a empresa estiver disposta a gastar mais verbas, poderá, é claro, construir um modelo funcional, que poderá ser então avaliado, ainda que com limitações, pela Imprensa. Este é o caso da Chrysler [54, 55] desde o tempo em que começou a

assombrar o mundo automotivo com carros-conceito fantásticos, no final da década de 80.

Engenharia Industrial – Este departamento ou divisão deve ser a responsável por visualizar como deverá ser a fábrica que irá montar o novo modelo. Muitas vezes, nos modelos de produção em massa, a engenharia industrial pode determinar a inclusão ou remoção de algum item do veículo, ou solicitar a alteração de alguma característica.

Por exemplo, conjuntos que requerem montagem precisa e demorada não são permitidos, a não ser que se trate de peças responsáveis por formar uma característica determinante para o sucesso do produto.

Preparação da Planta para o Novo Produto – A fábrica deve se adaptar para a montagem do novo produto. Podem ser necessárias novas ferramentas e dispositivos de montagem na maioria das vezes, o que requer uma extensa mudança na área física da empresa.

Normalmente, não é possível nem desejável que se interrompa a produção de um modelo de produção corrente para remodelar uma fábrica. Porém, em alguns casos isso é feito, não apenas devido ao novo carro, mas porque a própria fábrica pode já estar necessitando de uma reforma importante.

Início de Produção – É o momento em que se coloca à disposição de uso, todas as peças que irão formar o carro, e obedecendo a seqüência de montagem que foi definida, através de uma fábrica com novos equipamentos, irá se verificar se todo esse conjunto funciona. Para esse período, conhecido como corrida-piloto, todo o pessoal envolvido no projeto deve estar presente, verificando problemas e buscando soluções imediatas para os mesmos.

Trata-se de uma atividade das mais empolgantes para todo o corpo de projeto, pois trata-se da culminação de todos os esforços do grupo.

Compras de Suprimentos para o início da Produção – Para o início da produção, ou da corrida-piloto, o departamento de Compras deve estar atento para possíveis falhas

nas listas de peças a serem adquiridas. Muito antes de serem colocados os pedidos, a área responsável por abastecer a planta deve fazer um trabalho minucioso por dentro de todas as listas de peças dos modelos em questão. É necessário ter certeza absoluta que não há peças faltando e nem tampouco sobrando.

Desta verificação, deve ser gerada a lista final de peças a serem compradas. Não se trata, portanto, de um modo de compra normal, como quando o veículo já está em produção.

Qualidade – O departamento de Qualidade precisa fazer um sequenciamento de atividades para ter um controle total de todas as operações que envolvem a montagem do novo carro. Apenas com esse controle em mãos, é possível dominar todo o processo, e encontrar rapidamente a causa de possíveis defeitos que o produto final vir a apresentar.

Também é altamente recomendável que a área de Qualidade participe da definição de processos de montagem, pois é um ponto importantíssimo para o veículo. Muitas vezes, peças boas podem ser agregadas de forma deficiente, gerando problemas onde eles não deveriam existir. Este é um pré-requisito de todo e qualquer tipo de projeto da indústria automotiva.

Engenharia de Serviços – Trata-se de uma área que é responsável pela manutenção do veículo através da rede de concessionárias. Esta área é cada vez mais importante dentro do negócio automóvel. É a imagem da marca que está em jogo quando se fala de serviços.

A Engenharia de Serviços deve ter em mente um ponto fundamental: o concessionário que possui a bandeira da montadora não pertence à mesma, por isso, deve ser constantemente acompanhado e porque não dizer, vigiado, para que não coloque a marca em risco através de um mau atendimento.

Outro ponto importante é o nível de informação a que Serviços deve ser submetido para ter conhecimento do produto. Praticamente todo o carro deve ser esmiuçado por esta área, pois problemas de todo tipo acontecem, e os que não são previstos pela montadora, poderão ser criados pelos usuários. Sabemos que a maioria das pessoas que utilizam automóveis não são (e nem precisam ser) especialistas nos mesmos.

Assim sendo, é normal encontrar defeitos que foram gerados por abusos e mau uso por parte dos proprietários.

Estilo do Produto – Depois que o veículo está pronto para entrar em produção, o departamento de Design deve ficar de prontidão com as primeiras unidades montadas na planta, e mesmo antes disso, os protótipos montados em uma área experimental. O olho clínico dos estilistas deve acompanhar estas primeiras unidades em busca de possíveis defeitos que comprometam a aparência. Frisos tortos, falta de concordância entre portas e pára-lamas, vidros com ondulações, entre outros, são defeitos que colocam em jogo toda a proposta de design do carro, fazendo a diferença, nem sempre perceptível pelos consumidores, entre um carro de boa e um de má aparência.

Qualidade de Fornecedores – Esta é uma área de importância enorme para a montadora. Podemos dizer que não é possível fazer um produto com qualidade se as peças que o compõem não apresentarem qualidade. E quem verifica esta qualidade de peças compradas é justamente a área de Qualidade dos Fornecedores. O trabalho avançado deste departamento deve ser bastante intenso, para buscar peças boas muito antes da necessidade real de montagem. Isso porquê deve haver tempo para várias reverificações da qualidade de montagem das mesmas, e suas interações no produto final. Além disso, os processos dos fornecedores devem ser detalhados, para se ter certeza que muitas peças boas podem ser produzidas em sequência e com velocidade necessária para atender um ritmo de produção acelerado.

Escolha de Fornecedores – Como regra geral, as peças fundamentais para a montagem do carro, de forma a que o mesmo possa sair rodando da linha de produção, devem vir de fornecedores próximos à planta.

Ao contrário do genericamente praticado, onde o preço das peças é o determinante, a escolha dos fornecedores para um novo modelo deve ser feita com base em diversos fatores. O primeiro deles é sem dúvida a já exposta qualidade das peças. Um outro importante é a constância de fornecimento, e a velocidade com que se consegue introduzir uma modificação caso seja necessário. O preço também é

fundamental, pois ninguém produz carros para ter prejuízo. Os fatores logísticos devem ser levados em conta, pois de nada adianta ter uma peça boa e barata se ela deve atravessar o planeta para chegar até o ponto de montagem. Os fatores de riscos de problemas sérios, como o desabastecimento, são em muito aumentados com uma situação dessas.

Estas funções são as principais em um desenvolvimento de veículo. Cada uma delas deve ter uma seqüência lógica de atividades, e sempre que possível, deve-se tentar sobrepor-las, ou seja, fazer com que uma comece antes do final de outra, para se ganhar tempo. Existem limites para isso, determinados pela própria natureza dessas atividades.

13.2 Fundamentos da proposta

Os seguintes itens, que podem ser chamados de “aceleradores de resultados”, devem ser considerados para se aumentar a velocidade de um projeto automotivo:

- planejamento do produto baseado na arquitetura ;
- bancos de dados de arquiteturas;
- envolvimento de fornecedores-chave antes da aprovação da arquitetura;
- solução de problemas de forma colaborativa;
- progresso das decisões;
- ciclos de aprendizagem prematuros e poucas mudanças após a aprovação de estilo;
- processo de análise de desenho integrado;
- engenharia dedicada ou enxuta;
- processo de manufatura integrado.

A seguir, detalhamos cada um destes tópicos.

Planejamento do Produto baseado na Arquitetura

Trata-se de elaborar um plano [53] que defina todas as áreas onde a empresa deseja atuar. Isso significa determinar que tipos de modelos de veículos farão parte da gama de produtos da empresa, e em quais datas. Este plano irá determinar onde e quando alocar capital para cada projeto, de acordo com as oportunidades do mercado.

O que se mostra como mais prático para o futuro, é manter sempre equipes de projetos desenvolvendo sistemas e componentes que podem servir para vários modelos. Explica-se melhor ao pensar no desenvolvimento um motor que pode ficar pronto antes de se ter um veículo para ele ser aplicado, assim como um sistema de freios ou de direção.

Dessa forma, os novos projetos de veículos poderão ser um exercício de integração de componentes prontos.

Há grandes vantagens neste método, pois as equipes ficam com muito maior margem de liberdade para criar, mas as integrações entre plataformas podem vir a se perder, e gastos desnecessários ocorrerem. Esse problema pode ser minimizado se houver uma grande capacidade de informação entre os diversos grupos de projetos da empresa. Isso ocorre quando se tem uma gerência para administrar os projetos, além dos gerentes de cada projeto em separado. A idéia é que se empreguem profissionais com conhecimento de vários veículos ao mesmo tempo, e que possam raciocinar de forma a se utilizar o trabalho de um projeto para mais de um produto. Ocorrem aí, ganhos de tempo e dinheiro.

A integração de sistemas díspares entre si é também um grande desafio, pois as arquiteturas dos novos modelos podem ser exigentes a ponto de sistemas já projetados não serem úteis sem extensas modificações.

Este tipo de trabalho de integração pode ser chamado de engenharia modular, e já é praticado em diferentes escalas por vários fabricantes ao redor do mundo. Um exemplo é a GM do Brasil, que desenvolveu o Celta a partir do Corsa. Uma melhor aplicação é vista na Toyota, que é a precursora da idéia de “*portfolio*”, ou catálogo de engenharia de peças e sistemas prontos e adaptáveis a vários modelos de veículos.

A idéia oposta é o que se chama de “*core team*”. São equipes focadas, cada qual trabalhando com um projeto de forma independente das demais, e com um estrutura completa de engenharia. Um exemplo prático foi o desenvolvimento do Dodge

Viper, que foi feito em 36 meses, de 1989 quando foi apresentado como carro-conceito, até 1992, quando foi lançado no mercado [54].

Para isso a Chrysler usou um time de 80 pessoas apenas.

O que se precisa notar, porém, é que o Viper é um modelo de nicho de mercado, de baixa produção e alto preço. A Chrysler jamais teve a intenção de multiplicar sua produção por fatores acima de duas ou três vezes, pois a exclusividade do modelo também é importante para o cliente. Não se trata, portanto de um caso idêntico ao de modelos de produção em massa.

Esta idéia de arquiteturas requer um belo exercício de futurologia para funcionar com perfeição, pois é necessário saber exatamente o que o mercado comprará em um momento distante do atual, mas, mesmo assim, muitos movimentos do mercado são previsíveis a curto e médio prazo. No atual mercado de veículos, é mais fácil e verdadeiro as montadoras criarem a moda automotiva do que os próprios consumidores.

Este processo de exercitar e arriscar qual serão as preferências para daqui alguns anos, deve ser feito por profissionais com visão global de mercado, que tenham o automóvel como uma de suas mais prementes preferências pessoais, ou seja, devem ser entusiastas automotivos, apreciadores de veículos dos mais variados tipos, com uma cultura automobilística apurada e gostos diferenciados e abrangentes, em suma, o que os americanos chamam de “*car nut*”. Precisa ser uma equipe de alto nível, e com uma disposição para pesquisar e vivenciar tudo a respeito do mundo automotivo.

Pode-se afirmar que as montadoras precisam compreender os produtos que pretendem vender, e isso significa que se deve saber quais as vantagens de seu carro para as pessoas que irão comprá-lo, como ele será usado, entender que não é possível criar um modelo que não tenha um propósito, mesmo que seja apenas o de passear nas tardes de sábado [56].

Dessa forma, a responsabilidade de ter ou não um produto específico está, quase sempre, nas mãos das próprias empresas.

Bancos de Dados de Conjuntos

O raciocínio neste conceito é o de se possuir projetos de “prateleira”, ou seja, conjuntos de peças já projetados e que possam ser usados em vários modelos de carros. Para uma extensão desse tipo de raciocínio, ver apêndice.

Este conceito é bastante importante, à medida que não se trata de projetar sistemas e arquivá-los, mas sim mantê-los sempre atualizados de acordo com novas tecnologias que surgem, formando um tipo de repositório de novas tecnologias. Estes conjuntos devem ser feitos por grupos especializados, por exemplo, engenheiros de freios devem se dedicar somente a esses conjuntos.

Claro está que muitas peças não podem ser tratadas assim. As peças de acabamento interno e externos do veículo são alguns exemplos. Já motores, transmissões e suspensões, entre outros componentes mecânicos, podem compor esse conceito.

A idéia é ter sempre sistemas prontos para serem aplicados. Dessa forma, novas propostas de veículos podem rapidamente ser montadas e avaliadas virtualmente e às vezes, fisicamente.

Pode-se compor um veículo a partir de um trem de força já existente, somados a suspensões de um modelo, freios de outro e assim por diante, até se ter, ao menos, um protótipo que seja dirigível.

Já o *design* ou estilo do novo modelo pode ser avaliado construindo-se peças pelos sistemas de prototipagem rápida discutidos anteriormente. Apesar da maior utilização desses sistemas se dedicar a peças pequenas, os avanços nos levam a crer que em pouco tempo carrocerias inteiras poderão ser formadas em poucos dias, com materiais com uma resistência considerável, que possam ao menos se auto-sustentar para manter a forma das peças e do carro como um todo.

Envolvimento de Fornecedores-chave antes da Aprovação da Arquitetura

O envolvimento de alguns fornecedores antes de se ter a arquitetura do novo veículo finalizada é um caminho já utilizado pela indústria para se adiantar algumas fases de projeto.

Mas essa integração entre empresas precisa aumentar gradativamente, de forma que diferentes filosofias de trabalho possam somar suas vantagens particulares a um todo, e não entrar em choques que não são bons para ninguém.

Para projetos atuais, um período de até um ano é aceitável na definição da arquitetura. Muitos fornecedores, hoje, entregam grandes conjuntos de peças, e ajudam nas definições para esses conjuntos, dentro da montadora. Dessa maneira, um fabricante de sistema de ventilação pode influir positivamente no projeto do painel de instrumentos, ao apresentar antecipadamente todas as características e requisitos deste módulo de ventilação. O fornecedor do painel poderá, então, projetar suas peças de forma a se utilizar um conjunto pronto, minimizando o tempo e custo de projeto.

Quando se toma decisões desse nível de importância, deve-se levar em conta que a concordância de todos os envolvidos é fundamental. Pode parecer básico discutir isso aqui, mas é um erro muito comum no comportamento humano, e também na indústria automotiva, assumir idéias e conclusões “pelos outros”. A consulta e conversa franca e detalhada com todos é básica para o sucesso do projeto. Esse tipo de raciocínio leva a uma minimização das posteriores modificações de engenharia causadas por detalhes mal-pensados e não verificados com todos os envolvidos. Isso gera perda de tempo e custo desnecessários.

Solução de problemas de forma colaborativa

A colaboração através de áreas de diferentes atividades é necessária para suportar as decisões que devem ser tomadas para se resolver os problemas e dúvidas que surgem naturalmente em um projeto. As áreas que são vitais na participação de decisões iniciais são Design ou Estilo, Engenharia de Manufatura e Produto e Compras.

Um veículo é definido pelas decisões que se tomam no início do programa, quando a arquitetura está sendo desenvolvida. Após um tempo decorrido, muita coisa não pode ser modificada, sob o risco de se ter que iniciar várias partes do projeto novamente.

Estas decisões, que são críticas para o sucesso do produto no mercado, são tomadas como resposta a assuntos e problemas que fazem parte do cotidiano da empresa.

Se as áreas mencionadas participarem juntas das resoluções dos problemas, muito trabalho será poupado no futuro. As decisões não podem ser unilaterais. Rever decisões iniciais em estágio avançado do programa irá ter um efeito destruidor no cronograma.

As decisões que eram feitas, antigamente, de modo seqüencial, devem ser simultâneas sempre que possível, fugindo da idéia de que o caminho crítico é a mais importante idéia no gerenciamento de projetos.

Progresso das Decisões

Esta atividade requer a definição de um conjunto de tarefas que devem ter suas decisões fundamentais tomadas em tempo ideal. Para isso deve-se considerar todos os sub-sistemas e suas atividades, para então se entender o produto como um aglomerado de sub-sistemas que interagem entre si.

Não se pode tomar decisões sobre um sistema sem se lembrar dos que com ele interagem, pois os resultados podem ser catastróficos.

É importante notar novamente, que, toda a organização precisa ter em mente que o trabalho de vários grupos irá convergir a partir de um momento determinado, e o progresso que se faz nas decisões importantes irá se a base fundamental para que essas convergências se realizem em tempos corretos e sem atrasos.

Para exemplificar os subsistemas, menciona-se: estrutura de carroceria, chassis, ventilação e ar condicionado, sistema de iluminação, acabamento externo, acabamento interno, sistemas de entretenimento, vedações de carroceria, motor e transmissão, etc.

Ciclos de Aprendizagem prematuros e poucas mudanças após a Aprovação de Estilo

O ponto chave nesta fase é minimizar ao máximo as mudanças após a aprovação de estilo, ou congelamento do projeto. Conforme foi mostrado anteriormente no caso do Toyota Camry 2002 (item 6.1.2), se não forem feitas modificações após a aprovação de estilo, todo o processo corre muito mais rápido [23].

Para que isso seja possível, os requisitos de encaixe de peças e suas folgas, a forma e função de todos os componentes e a facilidade ou dificuldade com eles são construídos e montados no veículo, são os itens que definem a rapidez com que se pode desenvolver o projeto e construção de ferramental para as peças.

Dessa forma, a construção de uma ferramenta de estampagem pode ser iniciada tão logo se saiba as dimensões principais da peça e sua forma geral. Não deve-se esperar a finalização do desenho de produto (projeto) para se iniciar a construção do estampo.

A maior parte do tempo gasto com um projeto após a aprovação do estilo, é despendida em construção de ferramentais. Desde os de estampagem, para peças metálicas da carroceria, até os moldes de injeção de plásticos para as peças de acabamento. Estes ferramentais são normalmente confeccionadas em aços especiais, capazes de resistir a grandes variações de temperatura e tensões durante sua vida útil. São de construção lenta, pois necessitam de processos bastante precisos e controlados de usinagem ou desbaste, e dependendo da peça, podem ter uma massa muito grande, da ordem de várias toneladas.

O mesmo pode ser aplicado, em menor grau, para peças injetadas, pois essas dependem muito de como serão detalhadas no projeto. Por exemplo, não se pode ir construindo um molde sem saber quantos pontos de fixação a peça terá. Algumas geometrias de peças alteram completamente a idéia inicial de um projeto de molde. É um campo com muitos detalhes a serem considerados, e muitos ferramentais de moldes que foram projetados com pequenos erros não podem ser corrigidos devido a essas particularidades. Muitas vezes, a única saída é construir um molde novo.

Processo de Análise de Desenho Integrado

Deve ser gerado um banco de dados onde se tenha estruturas genéricas para as diversas partes do veículo [57]. Um teto, pôr exemplo, deve apresentar reforços, para evitar a vibração excessiva da chapa e prover a resistência necessária. Acontece que não é preciso sair do nada para se projetar esses reforços. Há dezenas de projetos prontos que podem ser tomados como referência, e esses projetos devem formar um

banco de dados de referência, que possa ser usado prontamente, e de onde se pode desenvolver as diferenças necessárias para um projeto novo. Este é um mecanismo inicial para se avançar em velocidade.

Além disso, partes do veículo com várias peças montadas e mostradas em cortes, ou seções, com espaçamento, tipos de fixação e outros detalhes, também devem ser usados como referência para novos projetos. Estes podem ser chamados de seções típicas.

Este processo deve ser feito utilizando-se os arquivos matemáticos gerados para cada peça do projeto, e utilizá-los para aplicação das ferramentas de análise de desenhos e de qualidade, como tolerância dimensional e geométrica, por exemplo.

Isso pode evitar que se descubram erros de projeto, como dimensões incompatíveis, interferências e folgas acentuadas, em um estágio inicial, onde ainda não existe nada de concreto, apenas atividades virtuais. Isso poupa muito dinheiro e muito tempo também.

Bancos de dados não são fáceis de serem formados e mantidos. Requerem pessoal extremamente especializado, com grande conhecimento do assunto. Não basta uma pessoa que entenda do sistema de computador, ele deve conhecer também a informação que deve estar armazenada, para elaborar métodos de acesso e consulta que sejam rápidos e eficazes.

Este tipo de banco de dados precisa ser de fácil acesso à organização, para que não se dependa de pessoas para se obter uma informação, de forma a gerar esperas e desânimo ao utilizá-los. Devem estar disponíveis em sistemas de computador em rede.

Algo desse tipo foi feito há muito tempo, quando os computadores eficientes ainda eram ficção científica. Conforme foi mostrado na introdução do presente trabalho, a General Motors, em 1959 já possuía [4, 56] vários modelos de carros com os mesmos componentes mecânicos, diferenciando-se somente nas peças que eram visíveis pelos consumidores. Até mesmo as personalidades desses modelos eram bastante diversas, pois destinavam-se a públicos bem diferentes entre si, mas todo o trabalho de diferenciação foi muito bem coordenado pelo Marketing da montadora.

Engenharia “Enxuta” ou Dedicada.

A engenharia dedicada ou “enxuta” requer que se trabalhe dentro das células ou grupos de projeto. Estes grupos precisam ter como orientação básica o foco do projeto, ou seja, saber exatamente como deverá ser o cliente que irá comprar aquele modelo, e tudo que se pode fazer para projetar um carro irresistível para o consumidor [57].

As atividades dos vários grupos devem se unir no momento certo, de forma coordenada e sem gerar atrasos para a organização.

Neste contexto, o engenheiro-chefe do projeto deve ser o responsável final pela arquitetura do veículo, ou seja, o mais importante tomador de decisão dentro de um programa.

Todas as áreas de empresa que são chamadas a participar de um trabalho, devem se dedicar ao mesmo. Isso pode parecer extremamente óbvio, mas extrapolando esse raciocínio, percebemos que o conceito de iniciativa das pessoas entra em jogo.

As áreas de manufatura, por exemplo, devem trabalhar baseadas em listas de requisitos e características do produto, e não esperar os desenhos de peças e componentes ficarem prontos para só então tomarem ação.

Vários dados agrupados para cada peça em particular, podem ser utilizados para se iniciar o projeto dos dispositivos que serão feitos para permitir a montagem do veículo dentro da planta. Um gabarito para fixação das laterais da carroceria em relação ao assoalho, que serão soldados entre si, é um exemplo.

Esse pensamento deve ser difundido com muita ênfase, de forma a todos ajudarem no processo de aceleração dos trabalhos de desenvolvimento.

Também deve-se ter em mente que o excesso de informações pode afetar negativamente o processo, principalmente se as mesmas não tiverem boa qualidade ou forem incompletas ou não-claras.

Processo de Manufatura Integrado

Após a aprovação de estilo, a área de Manufatura, que pode ou não ser responsável por muitas peças, principalmente os grandes estampados (assoalho, teto , pára-lamas,

etc.) deve focar no tempo necessário para coordenar a entrega dos itens principais para a montagem dos carros no prazo correto.

Este esforço deve integrar quantidade e qualidade, para se poder validar processos tanto de fabricação das peças quanto os requisitos de montagem. O item anterior também explica essa necessidade.

Normalmente esse tipo de peça é fabricado pela própria montadora, e até mesmo a imagem que se tem de uma fábrica de carros inclui as enormes prensas que formam os painéis metálicos das carrocerias.

13.3 Resumo da proposta

Todos os tópicos anteriores do item 13.2 trataram de detalhar as principais diretrizes para um projeto rápido.

Resumimos agora essas idéias, em forma de tabela, de forma a adicionarmos uma referência para uso imediato.

É importante notar que nesta tabela estão apenas os mais importantes dos assuntos discutidos, sendo indispensável a leitura de todo o item 13.2 para o entendimento desta tabela, dado o propósito de resumo e lembrete da mesma. Ver Tabela I.

TABELA I – Resumo da proposta de projeto rápido

ÁREA	FUNDAMENTO	MOTIVO / VANTAGEM
Planejamento	Baseado em arquiteturas	<ul style="list-style-type: none"> • Maior praticidade nas propostas de modelos
Estilo	Envolver engenharias e fornecedores	<ul style="list-style-type: none"> • Encontrar problemas na fase de conceito
Engenharia de Produto	Bancos de dados de arquiteturas e conjuntos	<ul style="list-style-type: none"> • Aproveitar trabalhos anteriores (lessons learned) • Desenvolver novas tecnologias e aplicá-las constantemente
Engenharia de Manufatura	Participar desde as propostas de Estilo	<ul style="list-style-type: none"> • Usar idéias simplificadoras; menos mão-de-obra, mais qualidade
Compras / Finanças	Custo / Benefício	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecimento e qualidade constantes • Previsão de custos aperfeiçoada
Fornecedores-chave	Envolvimento pré-aprovação de conceito	<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidades de aplicação de novas tecnologias
Gerenciamento de Projeto	Decisões em tempo ideal	<ul style="list-style-type: none"> • Ações no tempo correto. Não adiantar e não atrasar. • Minimizar modificações pós-aprovação

14 CONCLUSÕES

O projeto de automóveis é uma atividade extremamente dinâmica, que varia muito com as tendências buscadas pela clientela. Sempre haverá uma corrida empolgada à data de início de produção de um novo carro, e sua posterior venda ao público.

Esta ânsia do mercado por novos produtos permite que o projeto automotivo não se torne uma atividade de rotina, e certamente permanecerá extremamente motivador para os engenheiros que habitarem essa esfera.

Cada montadora tem diferentes números para seus objetivos de prazo, e assim que ele é atingido, um período ainda mais curto passa a ser o objetivo maior. Há sempre que se pesar as reais necessidades de compactar demais um desenvolvimento.

A qualidade automotiva já deixou de ser uma característica extra de uma marca qualquer a muitos anos. Hoje em dia é algo considerado como obrigatório, como os faróis dianteiros ou o sistema de freios. Assim, os engenheiros devem vivenciar qualidade em todas suas atividades, ter sempre em mente que o que importa para a grande maioria dos consumidores é o “*perceived quality*”, ou a qualidade percebida pelo consumidor, uma sensação que o veículo passa às pessoas que o vêem e o dirigem, e jamais esquecer que seus empregos só estarão garantidos se eles conseguirem agradar a este elemento-chave que é o consumidor final.

Esta dissertação alcançou o principal objetivo, que era o de se criar uma proposta resumida e de fácil entendimento, relativo à redução do prazo de desenvolvimento de projeto automotivo. Conforme já registrado desde o resumo, não se trata da palavra final em termos de redução de prazos, e isso não é nem mesmo possível, devido às variações sobre o tema.

O presente trabalho pode ser usado como uma base de referência para se desenvolver uma proposta completa de redução de tempo de projeto automotivo. No presente volume, foram mostrados os passos básicos dos projetos automotivos da atualidade, e deve-se notar que as informações apresentadas não são completas, por motivos de confidencialidade das montadoras, principalmente, e também pela grande abrangência do assunto.

O estudioso que desejar se aprofundar nessa área precisa estar atento às notícias do mundo automotivo, pois elas podem dar boas indicações a respeito do futuro do desenvolvimento de automóveis.

As notícias de fusões e acordos entre montadoras com produtos muitas vezes concorrentes e diferentes entre si e na sua filosofia, mostram claramente que há muitas necessidades de entender as diferenças entre marcas, e de se aprender novidades que possam trazer vantagens competitivas nesse ramo de atividade. Por isso, é fácil perceber que as mentes criativas que se dedicarem a esta área, poderão ser reconhecidas e aproveitadas com bastante ênfase e valorização.

Para trabalhos futuros nessa área, é bastante importante notar a tabela apresentada como resumo. Nela, pode-se visualizar as áreas principais por onde um projeto automotivo transita dentro das indústrias.

Algumas idéias que podem ser desenvolvidas, em trabalhos de graduação, mestrado ou doutorado e que seriam vistas como de boa iniciativa pelas montadoras são:

- desenvolver métodos de planejamento de novos modelos, levando-se em consideração as interações entre conjuntos já existentes, e mantendo um bom nível de informação para trabalho imediato e rápido da Engenharia de Produto. Neste caso, deve sempre ser consultado o departamento citado para se saber quais as informações mais relevantes para se iniciar um trabalho imediatamente;
- reforçar a criação de banco de dados de arquiteturas e conjuntos, fazendo com que o acesso a eles seja rápido e bastante difundido. Este é um item de grande ênfase em Informática e suas disciplinas afins. As vantagens de um desenvolvimento nessa área não podem ser ainda mensuradas com precisão, mas, certamente é um fator de aceleração de projeto dos mais relevantes;
- desenvolver métodos que aperfeiçoem as previsões financeiras em relação a custos de peças, conjuntos, montagens em fornecedores, sub-fornecedores e dentro da planta da própria montadora. Conforme discutido, por ser uma área de confidencialidade máxima dentro das organizações, este seria, provavelmente, o trabalho mais difícil de ser desenvolvido. Boas evoluções nesse campo são muito esperadas por todas as empresas, por se tratar do

assunto mais importante na economia capitalista em que está inserida a indústria automotiva: dinheiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. AMES, B.B. Better communication makes products faster. **Design News**. [s.L.]; Reed Business Information. 08 Apr. 2002, Vol. 57, p.39.
- [2]. MORIARTY, F. **The History of the Dodge Charger Daytona and Plymouth Superbird**. Charlottesville: Howell Press Inc., 1995 p.9-30.
- [3]. VIEIRA, J.L. Cuidado: a aerodinâmica pode ser fatal. **Motor 3**. São Paulo: Editora Três, n.8, p.78-80, fevereiro 1981.
- [4]. SLOAN JR., A.P. **My years with General Motors**. New York: Currency-Doubleday, 1963, p.238-247.
- [5]. N.F.O. EVBUOMWAN, S. SIVALOGANATHAN, A. JEBB, A Survey of Design Philosophies, Models, Methods and Systems. [s.n.]; **Journal of Engineering Manufacture**, 1996, p. 302.
- [6]. KAMINSKI, P.C. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2000, cap.1.
- [7]. PROJECT management body of knowledge. PMBOOK Guide 2000 Edition. [s.L.]; Project Management Institute. Disponível em: < www.pmi.org >. Acesso em fevereiro 2002.
- [8]. AUTOMOTIVE INDUSTRIES. The road to automotive industry innovation. Southfield: Randall Publishing, Aug. 2001. 18p. Suplemento.
- [9]. RHYNE, L.C. Product development with a New Technology. **Journal of Product & Brand Management**, [S.l.]; MCB Press, Vol. 3 No. 3, 1994, p.39-50
- [10]. BULLINGER, H.J., WARSCHAT, J., FISCHER, D. Rapid Product Development: an overview. **Computers in Industry**. [s.L.]; Elsevier Science BV. n. 42 , 2000, p.99-108.
- [11]. KELLER, M. **Colisão. GM, Toyota, Volkswagen: a corrida para dominar o século XXI**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994. p.273
- [12]. OSTERLUND, J. Providing competence to the product development project: a conflict between fragmentary learning and holistic use. **Systems Research and Behavioral Science**. New York: John Wiley & Sons. Jan. 1999. 18p.

- [13]. HOWOLD, C., HUPFER, R. **Integration of new methods and tools for automotive control unit development**. Warrendale: SAE technical paper series. 2000-01-0392. March 2000. 10p.
- [14]. GUSTAVSSON, H. Improving quality through virtual development and testing. **Automotive Technology International**. London: Sterling Publications Ltd. May 2000. p.127-129
- [15]. WRIGHT, C. Today, engines; tomorrow, vehicles. **Automotive News International**. [s.L.]; [s.n.]; June 2001, p.10
- [16]. LEYH, J., DIEDRICH, M.K. **Distributed planning in the rapid product development using adaptable process modules**. Warrendale: SAE technical papers series. 2001-01-3466. 8p.
- [17]. WINTERKORN, DR. M. E-technology in the vehicle development process. **Automotive Technology International**. London: Sterling Publications. second semester, p.27-29.
- [18]. EALEY, L. In search of the 12-month car. **Automotive Industries**. Southfield: Cahners Business Information, Feb. 2000, p.45-48.
- [19]. BUCHHOLZ, K. Velocidade de desenvolvimento de novos produtos na GM. **Engenharia Automotiva e Aeroespacial**. São Paulo: SAE Brasil, n.8, p.53, 2001
- [20]. VALÉRIO NETO, A. Realidade Virtual economiza tempo e dinheiro na cadeia automotiva. **Engenharia Automotiva e Aeroespacial**. São Paulo: SAE Brasil, n.3, p.32-37
- [21]. JOHNSON, G. Anything Goes: interview with Friedrich Goes. **Testing Technology International**. Dorking: UK & International Press, p.63, May 2001.
- [22]. VIEIRA, J.L. Fábrica Virtual DMAPS. **Tech Talk**. Cotia: JLV/Studio Quattro, n.12, p.1, 1997.
- [23]. KOBE, G. Process of elimination. **Automotive Industries**. Southfield: Cahners Business Information, p.29-31, September 2001.
- [24]. TRIPLETT, C., WOODHEAD, R. Digital manufacturing at General Motors. **Automotive Manufacturing Solutions**. [s.L.]; [s.n.]; p.5-7, June 2001.

- [25]. SHERMAN, D. VR streamlines Mercedes development process. **Automotive Industries**. Southfield: Cahners Business Information, p.10, March 2001.
- [26]. CHERMAK, P. Computer imaging comes of age. **Automotive IT Solutions**. London: Sterling Publications International, p.25, April 2001.
- [27]. JOHNSON, G. X-rated. **Testing Technology International**. Dorking: UK & International Press. p.44-48, February 2001.
- [28]. JOST, K. Changing the automotive environment. **Automotive Engineering International**. Warrendale: SAE, p.4, July 2001.
- [29]. CROSSE, J. Take your brain to another dimension. **Testing Technology International**. Dorking: UK & International Press, p.22-24, February 2001.
- [30]. BIRCH, Stuart. Virtually a New Ford. **Automotive Engineering International**. Warrendale: SAE, p.54, Feb. 2002.
- [31]. BUCHHOLZ, K. Engineering by logic – **Automotive Engineering International**. Warrendale: SAE, p.81, January 2001.
- [32]. ALLEN, G. Getting the most out of today's design tomorrow. **Automotive Manufacturing 2002**, London: Sterling Publishing Group, p.7, March 2002.
- [33]. BUCHHOLZ, K. Computer altered minds at work. **Automotive Engineering International**. Warrendale: SAE, p.104-112, February 2001.
- [34]. GUSTAVSSON, H. Improving quality through virtual development and testing. **Automotive Technology International**. London: Sterling Publications Ltd. May 2000. p.127-129
- [35]. KIMBERLEY, W. Taking the PoF approach. **Testing Technology International**. Dorking: UK & International Press, p.11, September 2001.
- [36]. RAU, A. Potential and challenges for model-based development in the automotive industry. **Business Briefing: Global Automotive Manufacturing Technology**. [s.l.]; World Market Research Center, p.124-138, 2001.
- [37]. THELEN, Dr. B. Virtual test case. **Engine Technology International**. Dorking: UK & International Press, p.78, issue 2/2001.

- [38]. MIGLIORA, G. Reality bytes. **Testing Technology International**. Dorking: UK & International Press, p.37, February 2002.
- [39]. LEE, D. **Boeing: from Peashooter to Jumbo**. Edison: Chartwell Books, Inc., p.113, 1999.
- [40]. READ, K. Zero prototype engineering: truth or dare ?. **Testing Technology International**. Dorking: UK & International Press, p.11, February 2001.
- [41]. KABLE, R. SLR tests as TVR. **Autocar**. Teddington: Haymarket Publishing Company. p.5, May 2001.
- [42]. AUTOMOTIVE INDUSTRIES. Changes in the wind: modular mania. Southfield: Cahner Publishing Group, 22p., November 1998. Suplemento.
- [43]. BROWN, S. Model E takes on the world. **Automotive World**. [s.L.]; Financial Times Publishing, p.23, February 2001.
- [44]. CROPLEY, S. The buck starts here. **Autocar**. Teddington: Haymarket Publishing Company, p.58, August 2001.
- [45]. HUANG, G.Q., MAK, K.L., Web-based collaborative conceptual design. **Journal of Engineering Design**, Vol. 10 Issue 2, p. 183, June 1999.
- [46]. DUNN, S. Collaboration, Innovation, Automation, **Automotive Sourcing**, Chester: Advanstar Communications , p. 28, Apr /May 2002.
- [47]. WILLIAMS, G., HOLWEG, M. The 3D car in the global economy. **Automotive Technology International**. London: Sterling Publications International, p.43-46, first semester 2001.
- [48]. JOST, K. Collaborative product development. **Automotive Engineering**. Warrendale: SAE, p.6, April 2001.
- [49]. CROSS, D. Breaking the mould: the future for rapid prototyping. **Automotive Technology Asia**. [s.L.]: [s.n.]; p.41, anuario 2002.
- [50]. PACHON, L., HAN, T., SUMANTRAN, L. N., MENDU, L.N., TURNER, D.W. **Aplication of a Rapid Template-Based Aerodynamic Analysis for Saturn**. Warren: GM Confidential Report BE-34, 14p., 3 June 1998.
- [51]. KOBE, G. How focus groups failed Aztek, PT Cruiser. **Automotive Industries**. Southfield: Cahners Group Publishing, p.9, February 2001.

- [52]. VAJNA, S., BURCHARDT, C. Dynamic Development Structures of Integrated Product Development. **Journal of Engineering Design**. [s.L.]; Carfax Publishing Company, p.3, Vol.9, March 1998.
- [53]. SOBEK II, D.K., WARD, A.C., LIKER, J.K., Toyota's principles of set-based concurrent engineering. **Sloan Management Review**. [s.L.]; Sloan Management Review, Vol. 40, Issue 2, p.67, Winter 1999.
- [54]. LUTZ, ROBERT A. , **Guts: the seven laws of business that made Chrysler the world's hottest car company**. New York: John Wiley & Sons, Inc., p.24- 41, 1998.
- [55]. WRIGHT, N. **50 years of Chrysler's hottest cars**. New York: Gramercy Books, 1999, 182p.
- [56]. WOMACK, J.P., JONES, D., ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, p. 98-99, 1992.
- [57]. BENNETT, J.A.; FENYES, P.A.; HAERING, W.J.; KOROMILAS, C.A.; NEAL, M.A., ZWIERS, R.I. **Developing rapid, integrated design systems, a perspective from the integrated vehicle design analysis (IVDA) project**. Warren: GM Confidential Report no. EM-844, 1995.
- [58]. KOBE, G. GM radical ride. **Automotive Industries**. Southfield: Cahners Group Publishing, p.24-27, February 2002.
- [59]. JOST, K. Fuel cell AUTOnomy. **Automotive Engineering International**. Warrendale: SAE, p.35-37, February 2002.
- [60]. LUCCHESI, C. Fly-by-Wire. **Flap Internacional**. São Paulo: Grupo Editorial Spagat, , p.42-52, Maio 2000.
- [61]. WINGED WARRIORS AND CHARGER HOMEPAGE. Fotos, textos e tabelas sobre a produção do Dodge Charger e Daytona. Disponível em: <<http://wnboa.org/dc6870.htm>>.

APÊNDICE - UM NOVO CONCEITO DE PLATAFORMA: O AUTONOMY DA GENERAL MOTORS

Em janeiro de 2002, foi apresentado um novo conceito de plataforma de veículos, ou seja, um novo método de se enxergar o que é a arquitetura e suas possibilidades de simplificação e comunização de componentes na concepção de automóveis.

Os presentes ao North American International Auto Show, em Detroit, puderam ver fisicamente o AUTOnomy, uma plataforma no exato sentido da palavra, que a GM explica da seguinte maneira [58, 59]:

Trata-se de um chassis rodante, com assoalho plano e fechado (e não com os “buracos” dos chassis atuais, encontrados em *pick-ups* e caminhões, que mais se assemelham a escadas), que possui sistema de propulsão elétrico, alimentado por pilha de combustível, ou célula

(em inglês “*fuel cell*”), e que também tem acoplado sistemas de rodagem, suspensão, freios e direção, todos com funções iguais aos dos carros normais.

A diferença está no modo como tudo isso é montado. Essa plataforma ou chassis poderá servir para vários tipos de veículos, desde pequenos esportivos de 2 lugares até um grande utilitário. Todos os sistemas terão ligações elétricas / eletrônicas entre suas peças e o motorista.

Por exemplo, a direção não tem uma coluna como em todos os carros de produção, mas uma ligação eletrônica entre o volante em que o motorista põe as mãos, e as rodas.

Se isso parece temerário, podemos lembrar que muitos aviões militares utilizam-se de sistemas com esse conceito há duas décadas, e que os aviões comerciais da empresa Airbus também já o adotaram comercialmente há cerca de dez anos [60].

Os freios também serão interligados desse modo, o que nos faz concluir que será possível ter configurações de interior de veículos ilimitadas, não sendo mais necessário se pensar em pedais e volantes como os de hoje, que definem todo arranjo e espaço do interior de um carro.

O mais espantoso desse conceito, é a capacidade de se projetar várias carrocerias diferentes e se montar todas elas sobre esta plataforma. Isso trás uma possibilidade fantástica para quem se dispuser a ter espaço e equipamento para fazer uma troca de

carroceria dentro de sua garagem. O carro de dois lugares que foi utilizado durante a semana para ir ao trabalho, pode se transformar em algumas horas em um veículo de luxo para levar a noiva ao casamento, e no dia seguinte, ser transformado em um utilitário para rebocar um barco e levar equipamento de mergulho, por exemplo. A fixação de qualquer tipo de carroceria será feita através de quatro pontos de ancoragem, com um projeto mecânico seguro e redundante, para evitar soltura em uso normal ou em caso de acidente. As conexões entre a carroceria e a plataforma são feitas por apenas um grande conector elétrico, chamado de “*universal docking connection*”, e as diferenças de comportamento necessárias entre os tipos de veículos descritos acima, podem ser garantidas por trocas de *softwares*, ou rotinas de programas que possam ser modificadas através de operações simples como conectar a *Internet* no PC (*Personal Computer* – Computador Pessoal) de casa. Dessa forma, o utilitário não terá as respostas rápidas de direção que se espera de um esportivo, e o sedan de luxo não será um carro de suspensão rígida como requer o esportivo.

Esta concepção nasceu do pensamento livre de pessoas dentro da GM, que se propuseram a pensar o carro como algo que não existia, e que estaria nascendo agora, com todas as tecnologias atuais e mais as que estão sendo pesquisadas, disponíveis. De outro modo, o raciocínio não foi o habitual de se agregar novas tecnologias no conceito atual de carro, mas sim de ver o que poderia ser feito com as tecnologias disponíveis. Muito próximo a uma análise de engenharia de valor, onde só interessam as funções, e não os componentes, com o intuito de se criar algo novo e com vantagens nunca pensadas anteriormente.

Pode-se pensar em várias famílias de carros com apenas duas ou três dessas plataformas. Uma de tamanho médio para veículos esportivos e *sedans* familiares, uma outra maior para automóveis de maior luxo, e uma com a plataforma mais alta, e as rodas mais baixas, fazendo uma altura livre do solo maior, para *pick-ups* e veículos fora de estrada. A partir dessas três bases, se poderia montar módulos para aumentar o comprimento, trocar rodas e pneus, e, combinado com as várias carrocerias possíveis, ter-se um enorme número de carros diferentes com muitos componentes comuns.

Até mesmo a grande complicação atual de se fazer um carro com direção do lado direito para alguns países se acaba com o AUTOnomy. Se não há ligação mecânica

entre pedais, volante e o motor e rodas, pode-se desenhar um sistema de trilho ou guia, onde os comandos correriam para a direita ou esquerda conforme a necessidade do País onde o veículo iria rodar. Ou até mesmo o motorista poderia ficar centralizado no carro, se o desejasse, para que não fossem alteradas suas referências ao passar das Ilhas Britânicas para o Continente Europeu, por exemplo.

As inovações desse projeto são tantas que a GM tem um pedido de vinte e quatro patentes, relativas ao projeto físico em si e também de novas tecnologias e técnicas de manufatura. Um exemplo simples de perceber é o aumento de velocidade de construção de um veículo que tenha todo seu chassi ou plataforma desvinculado da carroceria. Possibilidades de fornecimento modulares são muito ampliadas dessa forma.

O tempo de projeto para se colocar um novo modelo no mercado seria dramaticamente reduzido. Um novo carro poderia ser projetado e colocado à venda em poucos meses. E a capacidade dos fabricantes de atender a pedidos personalizados também aumentaria muito, pois apenas a carroceria teria que ser feita de maneira diferente, e não todo o veículo.

Toda esta maravilha só é possível com a continuidade da evolução da célula ou pilha de combustível, que não será explicada neste trabalho, pois somente ela permite a arquitetura da plataforma do AUTOnomy (Figs. 5 e 6).

Fig. 5 – A plataforma AUTOmomy com seus pontos principais [59].

Fig. 6 – AUTOmomy apresentado como protótipo estático [58].