

Implantação do “Digital Mockup” na Indústria Automobilística: conquistando vantagens competitivas

Prof. Dr.- Ing. Klaus Schützer

Universidade Metodista de Piracicaba -: Rod. Santa Bárbara – Iracemápolis, Km 01 – Santa Bárbara d’Oeste – São Paulo – CEP: 13450/000 -Telefones: (019) 463-7674, (019) 430-1792 FAX: (019) 455-1361 E-mail: schutzer@unimep.br

Eng^a. Nara Lucia de Souza

Universidade Metodista de Piracicaba -: Rod. Santa Bárbara – Iracemápolis, Km 01 – Santa Bárbara d’Oeste – São Paulo – CEP: 13450/000 -Telefones: (019) 463-7674, (019) 430-1792 FAX: (019) 455-1361 E-mail: souza.scpm@unimep.br

Palavras Chaves: “Digital Mockup” (DMU), engenharia simultânea (ES), sistemas CAD/CAM, sistemas EDM/PDM, tecnologia de informações, integração de fornecedores.

Abstract

With the increase of the competition, due to opening markets in the last years, intensified the dispute of the companies to achieve competitive advantages in the release of a product. Product development area was rediscovered as source of such competitive advantages. Therefore, the automotive industry is making use of new technologies, as the product virtual model (DMU). The present article exposes a brief summary on new technological tendencies in the product development in an environment of co-operative work. It deals with factors to be considered, and the problems faced by the automotive sector for integration of the suppliers, aiming to the implementation of DMU as mean of changes of information; engineering data management (EDM) and product data management (PDM); and also the importance of the data exchange between CAD/CAM systems and the used geometric models, as well the concept of the simultaneous engineering (ES).

1 Introdução

Com a globalização da economia nos últimos anos as empresas nacionais além de enfrentarem os altos impostos do governo, aumentou o nível de competitividade de seus produtos em preços e qualidade no comércio interno e externo. O consumidor passou a ter mais opções de compra, com isso tornou-se mais exigente e seletivo na escolha de um produto. Devido a estes fatores, a única forma de sobrevivência para as empresas é procurar atingir um melhor desempenho global, especialmente no que se refere às variáveis como qualidade, custo e flexibilidade, procurando obter vantagens competitivas em relação aos concorrentes e, conseqüentemente, tornar-se atraente para os consumidores. As empresas passaram em investir em novos

processos de manufatura, em novas técnicas para aumentar a qualidade e em novas tecnologias para se tornarem flexíveis.

A pressão exercida sobre as empresas em busca de vantagens competitivas, fez com estas procurassem diferenciação na seleção de novas tecnologias. Portanto, o valor estratégico da seleção e implantação correta de novas tecnologias tornaram-se um fator determinante no sucesso das empresas. Para uma implantação bem sucedida, deve ser levado em conta além dos fatores técnicos, os fatores organizacionais e culturais de cada empresa e, desde o início do processo, devem ser consideradas questões como tempo de aprendizado e compartilhamento de dados entre os diversos departamentos.

No setor automobilístico o cenário não é diferente, e a competitividade está cada vez mais acirrada. Em busca de vantagens competitivas as empresas estão vivenciando um processo de redescoberta da área de desenvolvimento de produtos, a indústria automobilística quer reduzir o seu tempo de desenvolvimento, aumentar a qualidade de seu produto e diminuir os custos de projeto.

O avanço da tecnologia fez com que surgissem novos equipamentos, novos materiais e processos produtivos, provocando um aumento nas possibilidades de desenvolvimento de novos produtos. A indústria automobilística está implementando novas tecnologias de desenvolvimento, para que os processos ocorram cada vez mais de forma simultânea, fazendo uso da estratégia da Engenharia Simultânea e da tecnologia “digital mockup*” (DMU). É necessário uma identificação do nível tecnológico de empresas para uma implantação bem sucedida de novas tecnologias, dentre as quais, os sistemas CAD/CAM estão entre as tecnologias mais modernas e estratégicas disponíveis no mercado, pois neles as empresas armazenam grande parte das informações referente aos seus produtos [1].

Este artigo descreve os obstáculos enfrentados pela indústria automobilística para realizar a integração com os seus fornecedores para desenvolvimento de um produto virtual num ambiente de trabalho simultâneo, visando diminuir o tempo de desenvolvimento e os custos e, aumentar a qualidade do produto final. São discutidos fatores que deverão ser considerados para a implementação do DMU, características tecnológicas que devem ser avaliadas para a criação de um conceito de como as empresas podem se adequar para a utilização do DMU, para alcançar vantagens competitivas na introdução do produto no mercado consumidor.

Inicialmente são apresentados os motivos que levam à busca desta integração, frente a um mercado interno e externo altamente competitivo, e um consumidor exigente. Isto é contraposto às novas tendências tecnológicas e aos impactos causados por estas no setor automotivo.

2 Novas Tendências Tecnológicas

A estratégia da Engenharia Simultânea (ES) e a utilização da Realidade Virtual no desenvolvimento de produto envolve uma integração entre os departamentos envolvidos e os fornecedores. Neste item será abordado a importância da ES e do DMU na busca de vantagens competitivas.

* Digital Mockup (DMU): modelo virtual do produto. Aplicado em simulações e análises do produto.

2.1 A Engenharia Simultânea (ES)

A ES é uma estratégia industrial que têm permitido as indústrias reduzirem o seu tempo de desenvolvimento de produto, unindo esforços de diversos profissionais e/ou empresas com diferentes especialidades, que trabalham em grupos de forma cooperativa. Para o sucesso da ES é evidente que a integração entre os profissionais e as empresas deve ser a melhor possível [2]

A ES é o resultado da integração entre diversos departamentos como: marketing, vendas, projeto do produto, planejamento da processo, produção, montagem, controle de qualidade, etc. Têm como objetivo: reduzir o custo do ciclo de vida do produto, melhoramento da qualidade do mesmo, diminuição do tempo de desenvolvimento do produto e a redução do tempo de introdução dele no mercado [2].

Empresas trabalhando dentro da estratégia ES já conseguiram algumas vantagens competitivas como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1 – *Vantagens Competitivas conquistadas com a introdução da Engenharia Simultânea*

Tempo de desenvolvimento	30 – 50% menor
Mudanças de Engenharia	60 – 95% menor
Refugos e Retrabalhos	75% de redução
Defeitos	30 – 85% menor
Tempo de introdução do Produto no mercado	20 – 90% menor
Frequência de Falha de componentes	60% menor
Qualidade em geral	10 – 600% maior

Fonte: SCHNEIDER [3]

Outros benefícios trazidos pela engenharia simultânea, juntamente com uma base de dados do produto única são os seguintes [4]:

- Sempre trabalhar com a versão correta do desenho do produto;
- Avaliação dos processos fabris o mais cedo possível;
- Melhor gestão da estrutura do produto;
- Melhor uso de peças padronizadas;
- Acesso rápido e fácil aos dados do produto;
- Administração acompanha as tarefas e estados em tempo real.

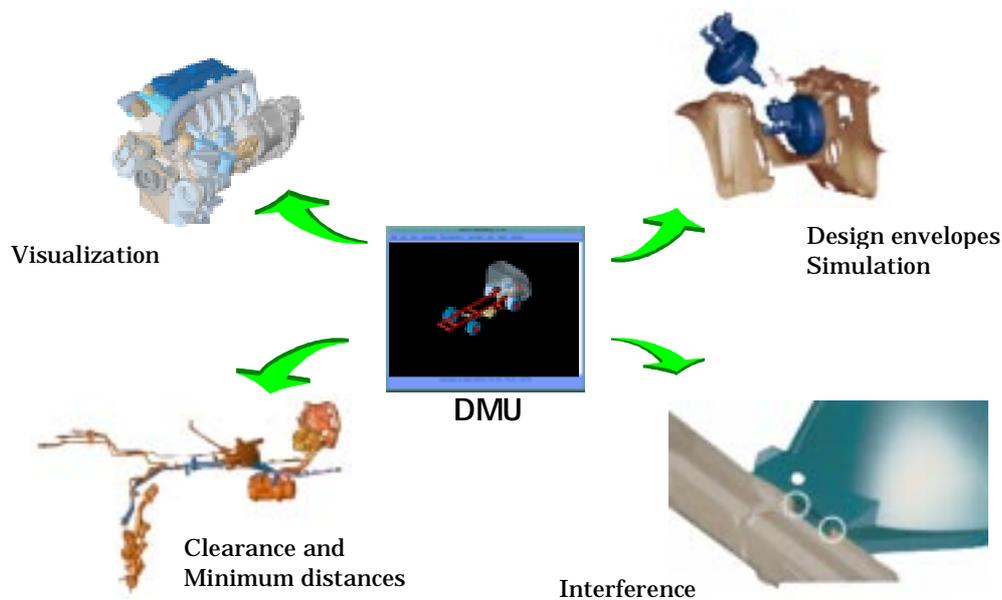
Para o desenvolvimento do produto de forma simultânea o ambiente de trabalho deverá ser adequado, permitindo uma forte interação das pessoas envolvidas nos processos de desenvolvimento, seja no

compartilhamento de dados de projeto ou tomando decisões em grupo. Neste sentido as empresas estão investindo em tecnologias de informação e ferramentas de gerenciamento de informações que serão discutidos no item 4.

2.2 A Tecnologia do “Digital Mockup” (DMU)

Atualmente os sistemas CAD que incorporaram modelos geométricos volumétricos, ou seja 3D (tridimensionais) permitem a utilização do DMU. A aplicação do DMU no ambiente de trabalho simultâneo permite o uso da engenharia virtual, ou seja, a aplicação de um modelo virtual do produto (fig. 1). Este permite que os projetistas envolvidos no desenvolvimento de produto realizem simulações de forma realística no computador. Nas simulações realizadas com o produto no computador é possível visualizar e verificar, por exemplo, as falhas de montagem do produto, colisões entre componentes, espaços disponíveis para passagem de cabos e para acessórios, etc. Estes problemas podem ser claramente identificados e corrigidos pelos projetistas, ainda no estágio inicial do desenvolvimento [5].

Figura 1: Ambiente de Trabalho “Digital Mockup”



Fonte: VITAL [6]

O sistema DMU quando identifica o problema ocorrido, proporciona cópias on-line e relatórios interativos às pessoas envolvidas no processo, identificando os elementos afetados e tipo de ocorrência [6], permitindo as alterações necessárias.

Na indústria automobilística para o desenvolvimento do produto são necessários vários protótipos físicos e estes gastam tempo e dinheiro em sua manufatura, com a eliminação destes será obtido um produto com menor custo e menor tempo de desenvolvimento.

A tarefa mais importante e mais difícil para a implementação do DMU é preparar a infra-estrutura (rede de trabalho), implementar os sistemas e processos necessários, as ferramentas de *Engineering Data Management* (EDM) e o treinamento das pessoas envolvidas no processo [6]. Para a utilização do DMU as empresas necessitam de ferramentas de gerenciamento de informações, para coordenar todas as atividades de forma objetiva, efetiva e eficiente [7].

3 Integração entre fornecedores e indústria automobilística

As integrações entre empresas tendem a intensificar os fluxos de informações entre elas, facilitando a produção orientada para o cliente, reduzindo os custos dos produtos e diminuindo os prazos de entrega. Esta integração entre as montadoras e os fornecedores de autopeças incorpora inovações tecnológicas e implica na redução dos fornecedores diretos. [4].

Segundo AMARAL apud (CLARK, 1989; CLARK & FUJIMOTO, 1991; BROWN & EISEDHART, 1995; e KAMATH, 1996) [8], pesquisadores concluíram que a participação dos fornecedores no desenvolvimento de produto aumenta a produtividade e diminui o processo de desenvolvimento e facilita a implementação de novas tecnologias. Além disso, o fornecedor passa a ter acesso a uma capacitação tecnológica maior para inovação de seus produtos. Com a integração entre empresas haverá um tempo menor de resolução de problemas, pois o fornecedor (que detém informações do seu produto), vai estar trabalhando em conjunto na busca da melhor solução.

A indústria automobilística pretende trabalhar simultaneamente (on-line) com os seus fornecedores no desenvolvimento de produto, fazendo uso de novas tecnologias, como por exemplo o DMU, visando conquistar vantagens competitivas no mercado consumidor. Para isso é necessário realizar a integração com os seus fornecedores para a implementação do DMU. Mas antes é necessário determinar o conceito que será utilizado para realizar esta integração e os quesitos fundamentais para a utilização da tecnologia DMU.

O fornecedores estão distribuídos globalmente num espectro tecnológico bastante variado, portanto para facilitar a integração dos fornecedores de autopeças com a indústria automobilística é necessário primeiro verificar o nível tecnológico das empresas., visando a melhor maneira de como integrar os diferentes fornecedores. Com esta determinação do nível tecnológico é possível se estudar um conceito para integração dos diversificados fornecedores com a própria industria automobilística.

Neste sentido está sendo feito uma pesquisa pelo Laboratório de Sistemas Computacionais para Projeto e Manufatura (SCPM) na Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) com apoio da Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) para o levantamento do nível tecnológico atual dos fornecedores do setor automotivo (levando em consideração a sua adaptabilidade ao DMU) e verificando também a sua possibilidade de investimentos futuros em implementações tecnológicas para facilitar a integração destes com a indústria automobilística.

4 Fatores importantes na integração entre empresas

Para a integração eficiente entre empresas é necessário verificar alguns fatores que serão abordados a seguir.

4.1 Meios de Trocas de Informações

O processo de desenvolvimento de produto requer uma combinação eficaz entre uma imensa quantidade de informações sobre o produto, e o uso das tecnologias de informação e comunicação são o suporte necessário e fundamental para a competitividade e integração da indústria automobilística e seus fornecedores; além disso facilita a coordenação e a colaboração das pessoas envolvidas no projeto, no desenvolvimento e na manufatura, integrando essas áreas, com um conjunto de ferramentas computacionais que permitem a aplicação da engenharia simultânea [4].

Atualmente as montadoras brasileiras estão utilizando o intercâmbio eletrônico de dados (Electronic Data Interchange - EDI). O sistema EDI executa o envio eletrônico de documentos a uma caixa postal que é acessada pelos fornecedores. O EDI é considerado como “uma técnica de formatação transacional de computador a computador” [9] e caracteriza-se por integrar sistemas aplicados a transações entre diferentes organizações mantendo a independência e sigilo [4].

Para completa integração entre empresas e seus fornecedores é necessário trocar informações por voz, vídeo e ao mesmo tempo controlar o acesso às informações. Para uma comunicação entre empresas eficiente, estas têm que incorporar tecnologias de informação e de telecooperação multimídia, como exemplo videoconferência, Internet, etc... nos fluxos dos processos de desenvolvimento de produto [10]. Todos os meios, imagem, áudio e dados podem ser transportados através de um canal. A transferência de dados envolve recursos como: rede de telecomunicações, softwares, normalizações, padronização das práticas comerciais e dos dados a serem transmitidos. Devido aos custos envolvidos atualmente nem todos os fornecedores da indústria automobilística têm acesso a tal tecnologia.

Num futuro próximo a Internet deverá ser o sistema que se perfilará como modelo padrão de transmissão de dados via EDI, já que esta permitirá um número maior de pequenas empresas o acesso a esta tecnologia [4]. A Internet ainda não é uma meio seguro para a transferência de dados. Evidentemente o progresso e o avanço das tecnologias, consolidarão os sistemas como: WEB, Internet, Videoconferências como meios de comunicação [1].

4.2 Gerenciamento das Informações:

O gerenciamento de dados é o princípio metodológico para a administração e utilização integrada de todos os dados referentes ao produto e aos meios de produção que incidem no âmbito do processo de geração deste. Os sistemas de gerenciamento de dados de engenharia (Engineering Data Management - EDM) e o gerenciamento de dados do produto (Product Data Management - PDM) são ferramentas utilizadas para

gerenciar informações de processos, administram documentos, controlam sua geração, liberação e modificação [7]; e formam atualmente a base para integrar os sistemas aplicativos de todo o processo de desenvolvimento de produto através de uma base de dados comum, e integram todos os componentes da cadeia de geração de valor de uma empresa e administram documentos não apenas estaticamente, mas controlam sua geração, liberação e modificação.

É necessário definir interfaces padrão e modelos unificados para alcançar comunicação eficiente entre empresas (clientes-fornecedores). É preciso ter os dados atualizados do produto disponíveis todo o tempo, estes podem ser armazenados em um banco de dados central e ser independentemente acessível de várias localizações [1].

Segundo a EIKON [11], um fabricante de sistemas EDM/PDM, estes sistemas são ferramentas para aumentar a produtividade e são responsáveis por gerenciar toda a informação relacionada com os produtos da empresa, arquivos digitais, registros de bancos de dados e também gerenciar todo o ciclo de vida dos produtos, incluindo lançamentos de produtos, gestão de mudanças e processo de aprovação.

Toda esta tecnologia EDM/PDM tem como função capacitar a empresa à:

- implantar ambientes de engenharia simultânea;
- gerir informações, processos;
- enfocar a comunicação organizacional;
- prover integridade de informação;
- suportar o processo de tomadas de decisões;
- suportar mudanças culturais (reestruturação na organização do trabalho).

Para a empresa o uso destas tecnologias melhoram a sua competitividade através da melhor utilização de investimentos já efetuados em tecnologia; do aperfeiçoamento de procedimentos operacionais; do suporte ao intercâmbio de informações com os parceiros; do atendimento aos requisitos de padrões da indústria e do governo e desenvolve habilidades para utilização de tecnologias futuras.

O gerenciamento de dados de engenharia EDM/PDM é o princípio metodológico para a administração e utilização integradas de todos os dados referentes ao produto e aos meios de produção que incidem no âmbito do processo de geração do produto. Estes sistemas estão em condições de integrar muitos sistemas aplicativos autônomos em um sistema geral logicamente relacionado. Na empresa, hoje eles formam a base para integrar os sistemas aplicativos de todo o processo de desenvolvimento de produto através de uma base de dados comum. Com isso, os sistemas de EDM/PDM integram todos os componentes da cadeia de geração de valor de uma empresa e administram documentos não apenas estaticamente, mas controlam também sua geração, liberação e modificação. As metas com a utilização do EDM/PDM são, entre outras, a redução dos tempos de planejamento e de construção, processamento paralelo do projeto, aumento da segurança de dados, bem como, recursos aprimorados de controle e de gerenciamento [7].

4.3 Trocas de dados de projeto:

Uma das ferramentas mais utilizadas para o desenvolvimento do produto são os sistemas CAD/CAM. Estes sistemas são ferramentas indispensáveis para agilizar o desenvolvimento de produto, mas nem todos os parceiros no ambiente de ES estão trabalhando no mesmo padrão de tecnologia, ou seja, com os mesmos sistemas CAx. A integração eficiente está baseada na tecnologia dos parceiros e nas condições para processos de integração. É necessário que estes possuam sistemas CAD/CAM compatíveis ou interfaces compatíveis para facilitar a comunicação entre eles.

No desenvolvimento de produtos, as montadoras trabalham com sistemas CAD diferentes e exigem que seus fornecedores trabalhem dentro do mesmo sistema, com o objetivo de facilitar a comunicação e a transferência de dados de projetos. Outro lado a ser considerado é que as empresas automobilísticas utilizam sistemas CAD de grande porte cujo custo é bastante elevado para grande parcela dos fornecedores. Por exemplo: a Mercedes Benz trabalha com o sistema Catia, a Ford com o sistema I-DEAS, a General Motors com o sistema Unigraphics e a Volkswagen com o Catia. Portanto, um fornecedor que atende as quatro indústrias automobilísticas teriam que possuir os três sistemas Catia, I-DEAS e Unigraphics. Diante deste fato os fornecedores são obrigados a recorrer a normas de transferência de dados disponíveis atualmente no mercado (IGES, VDA-FS, DXF, etc..) [12].

A transferência de dados de projetos de CAE/CAD/CAM desenvolvidos em sistemas de fornecedores diferentes é sempre problemática. Os padrões existentes como IGES (EUA), VDA-FS (Alemanha) e SET (França) e as ferramentas de software específicas para traduzir os dados de projeto de um sistema CAD para outro ainda se mostram deficientes. A possibilidade de distorção e perda de dados estão sempre presente [13], o que acaba causando retrabalhos e atrasos na entrega dos projetos.

Empresas que costumam efetuar grandes volumes de trocas de dados com parceiros e fornecedores, chegam a gastar milhões de dólares na compatibilização dos dados, por exemplo, a BMW declarou que gasta US\$ 6 milhões anuais com esta finalidade [13].

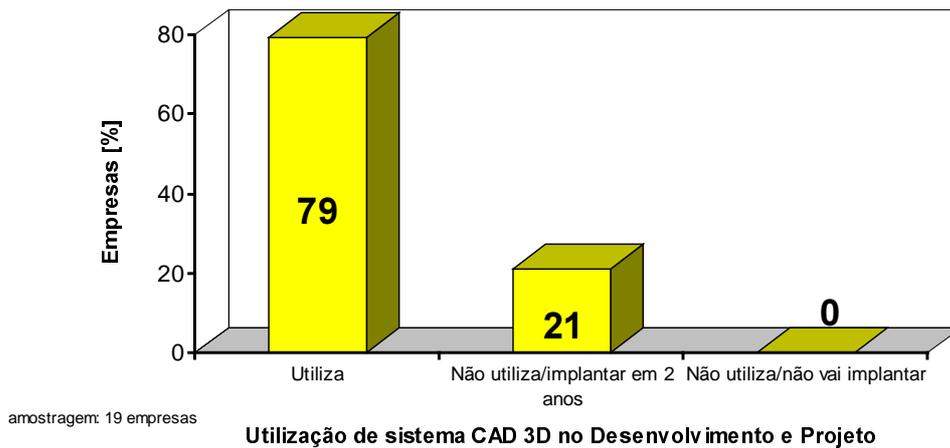
Para minimizar o problema, a ISO desenvolveu as normas ISO 10303 (Standart for the Exchange of Product Model Data - STEP) como padrão internacional. A proposta é ter uma linguagem universal de transferência de dados, capaz de suprir as deficiências dos padrões anteriores e abranger todas as etapas do processo de produção. Enquanto os padrões anteriores previam somente os dados geométricos do produto, as normas STEP prevêem todo o ciclo de vida, desde a concepção à reciclagem. Assim estas normas abrangem também; estilo, projeto, avaliação, ferramentas de fabricação e controle de qualidade, reciclagem, etc... [13].

A norma STEP é um padrão internacional para o intercâmbio de dados de produto independente do sistema CAx. Como formato neutro, o STEP isenta os usuários de formatos de dados específicos dos fabricantes dos sistemas CAD [7].

4.4 Modelamento geométrico

O modelamento geométrico utilizado pelas empresas também é um fator importante para a implementação do DMU. Para visualização do produto e a utilização da engenharia virtual, é necessário que as empresas trabalhem com modelos que permitam a visualização volumétrica do produto e, esta pode ser obtida com a utilização de sistemas CAD com modelos geométricos tridimensional (3D).

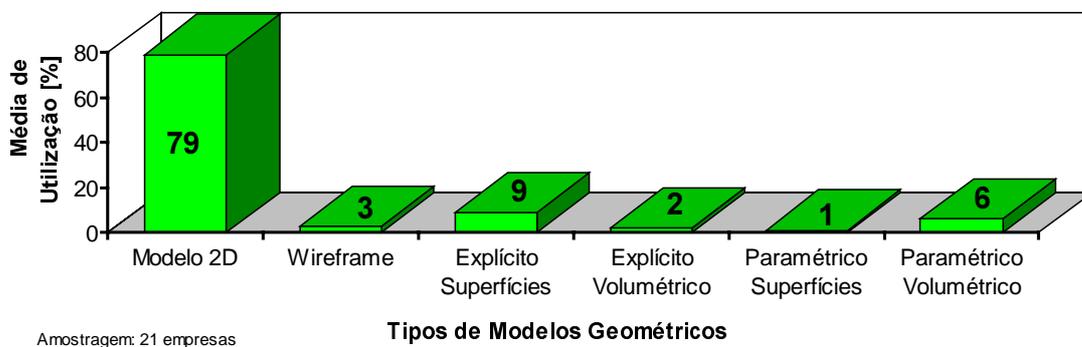
Figura 2 – Utilização do modelamento geométrico 3D pelos fornecedores do setor automotivo



Fonte: SCHÜTZER [14]

Apesar de 79% (fig. 2) das empresas pesquisadas possuírem o modelo geométrico 3D, ainda não estão utilizando todos os recursos disponíveis, pois continua intenso o volume de trabalho no modelo 2D (fig. 3). Mas há uma forte tendência de que estes usuários estarão migrando para o modelo 3D, num período de dois anos (fig. 2). Para a efetiva utilização do sistema DMU é necessário que os dados do projeto estejam num formato 3D.

Figura 3 – Modelos geométricos utilizados pelos fornecedores do setor automotivo



Fonte: SCHÜTZER [14]

5 Conclusões Finais

O mercado automobilístico brasileiro está muito competitivo, portanto, a indústria automobilística têm que conquistar o cliente através de um produto diferenciado por qualidade e preço. Aquela que tiver uma flexibilidade maior no lançamento de seu veículo, sairá na frente de seu concorrente na conquista do mercado consumidor. A utilização do DMU no desenvolvimento de produto irá auxiliar a indústria automobilística na conquista deste mercado através da eliminação dos altos custos envolvidos na construção do protótipo físico, além de encurtar o tempo de desenvolvimento, otimizar os processos e consequentemente um aumento na qualidade final do produto.

Tem que haver investimentos tecnológicos para preparar a infra-estrutura necessária para a implementação do DMU.

6 Referência Bibliográfica

- [1] PEDRA, A.: “Há evidências de que os sistemas CAD passarão por uma revolução tecnológica”. *Máquinas e Metais*. São Paulo, Ano XXXII, n. 380, p.123-130, setembro. 1997.
- [2] GALINA, S. V. R., SANTOS, A. C.. Ambiente para Auxílio ao Trabalho Cooperativo na Engenharia Simultânea. In: ENEGEP 98 – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18, 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: UFF.TEP, 1998. CD-ROM.
- [3] SCHNEIDER, M. H.: “A Engenharia Simultânea e sua Importância Competitiva”. *Techoje*. (1998). 1 pars. Online. Available: <http://www.techoje.com.br/au9509-1.html>. 4 fevereiro 1998.
- [4] MARMOLEJO, F., et al. Inovações Tecnológicas no Setor Automobilístico: Impactos e Tendências. In: “Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP”, 18, 1998, Niterói. *Anais...* Niterói: UFF.TEP, 1998. 1. CD-ROM. il gestão da tecnologia, impactos tecnológicos.
- [5] BAAKE, U.; et al.. Desenvolvimento de produtos da nova geração em uma empresa automotiva. In: “Simpósio de Engenharia Automotiva – O Veículo Automotor do séc. XXI”, 9, 1997, *Anais...* São Paulo, Brasil, 1997.
- [6] VITAL, E., et al. Introduction of Virtual Product Development in practice. In: PROZESSKETTEN DIE VIRTUELLE PRODUKTENTWICKLUNG IN VERTEILTER UMGEBUNG, 1, 1998, Muenchen, **Proceedings...** Muenchen: VDI Verlag GmbH, Germany, 1998.
- [7] FITZGERALD, A.: “Co-operative Engineering – The new framework for collaborative product development”. In: OPENING PRODUCTIVE PARTNERSHIPS, IN ADVANCES IN DESIGN AND MANUFACTURING, 1, 1995, Tierney, **Proceedings...** Tierney: Eds. K.R.von Barisani, P. A. MacConaill and K., 1995.
- [8] AMARAL, D. C, TOLEDO, J. C. Colaboração Cliente-Fornecedor e Qualidade no Processo de Desenvolvimento de Produto. In: ENEGEP 98 – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18, 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: UFF.TEP, 1998. CD-ROM.
- [9] HERBERST, J.; BUMILLER, J.: “Towards Engineering Process Management Systems”. In: CONCURRENT ENGINEERING EUROPE CONFERENCE, 1, 1997, Erlangen. **Proceedings...** Erlangen, Germany, 1997.
- [10] TIGRE, P. B., SARTI, F. . “Tecnologia da informação mudanças organizacionais e impactos sobre o trabalho. In: “Difusão de Eletronic Data Interchange no complexo automobilístico brasileiro”. Rio de Janeiro, SENAI/PN/CIET, 1997. 58p.
- [11] “Introdução ao PDM (tutorial)”. Eikon, 4 fevereiro 1998.disponível na Internet: http://www.eikon.com.br/TUT_PDM.html. 4 fevereiro 1998.
- [12] SCHÜTZER, K., SOUZA, N. L. Tendência do Desenvolvimento de Produto na Indústria Automobilística. In: ENEGEP 98 – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18, 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: UFF.TEP, 1998. CD-ROM.
- [13] FRANCO, T.: “STEP para falar a mesma língua”. *Metal Mecânica*, São Paulo, p 16-19, abril/maio.1997
- [14] SCHÜTZER, K., et al. *Diagnóstico para “Digital Mockup”*. Santa Bárbara d’Oeste: UNIMEP, 1998. 24p. (Relatório Final projeto EDM)