

# MELHORAMENTO NO PROCESSO DE UM PRODUTO UTILIZANDO AS FERRAMENTAS DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA NUMA INDÚSTRIA ELETRÔNICA

Cassandra R. dos Santos<sup>1</sup> e R. Radharamanan<sup>2</sup>

**Resumo** — Diante de vários fatores como evolução tecnológica e concorrência entre as indústrias, empresas com melhores produtos fabricados em tempo cada vez menores levam vantagem, já que assim introduzem com maior frequência seus produtos no mercado. Baseados nesse desafio este projeto de pesquisa foi desenvolvido afim de orientar as indústrias de pequeno e médio porte da região sul do Brasil a desenvolverem produtos e processos que atendam as necessidades do mercado consumidor através da metodologia e de algumas ferramentas de engenharia simultânea. Foram utilizadas as ferramentas como projeto para montagem manual, padrão de qualidade internacional (ISO 9002) e desdobramento de função de qualidade com o intuito de melhorar os problemas relacionados ao produto e processo de uma indústria de equipamentos eletrônicos que fabrica alarmes e sirenes para carros. Os resultados obtidos como melhoria no processo e mais qualidade no produto foram discutidos, e finalmente foram apresentados as recomendações feitas baseadas no estudo.

**Palavras Chaves** — Engenharia simultânea, indústria eletrônica, melhoria no processo e produto, projeto para montagem, desdobramento de função de qualidade, e padrão de qualidade internacional.

## INTRODUÇÃO

O conceito básico de engenharia simultânea consiste numa abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado e simultâneo do projeto de um produto e processos relacionados, incluindo fabricação e atividades de apoio [2]. Esta abordagem faz com que as pessoas envolvidas no desenvolvimento do projeto considerem, desde o início, todos os elementos do ciclo de vida do produto, da concepção ao descarte, incluindo qualidade, custo, prazos e exigências (requisitos) dos consumidores [Figura 1]. Porém, o conceito de engenharia simultânea tornou-se mais abrangente, podendo incluir a cooperação e o consenso entre os envolvidos no processo, o emprego de recursos computacionais e a utilização de outras metodologias [3]. Para implementar com sucesso este conceito, os integrantes da administração, operários e assessoria técnica, devem

desenvolver uma percepção profundamente diferente, chamada “percepção do processo”, dentro da natureza da atividade industrial.

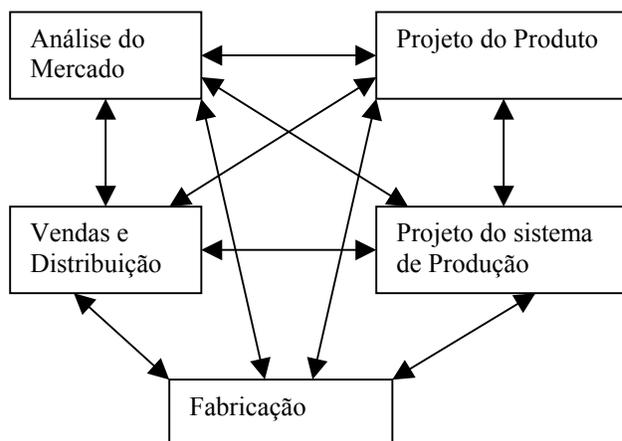


FIGURA. 1  
O MODELO DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Os critérios conceituais para o desenvolvimento da engenharia simultânea são: Identificação das exigências do mercado; Definição e cronograma do projeto para satisfazer as necessidades do mercado; Seleção de tecnologia/arquitetura satisfatória; Preço/desempenho/confiabilidade satisfatórios; Viabilização das técnicas comprovadas; e Retorno sobre o investimento do projeto adequado [2, 19].

Os benefícios da engenharia simultânea são instantâneos para volumes maduros, aumentando a complexidade do projeto, reduzindo suas interações e aumentando a sua qualidade [10, 12]. Um ciclo típico do projeto de um produto é mostrado na Figura 2.

As empresas brasileiras empenham-se na adaptação à nova realidade da competição internacional. Trata-se de uma questão de sobrevivência para a empresa, seja qual for seu ramo, lançar seus produtos em tempo para atender as demandas do mercado e, ainda, garantir o atendimento das metas do custo e da qualidade para os mesmos. Na busca por maior competitividade, muitas empresas têm investido

<sup>1</sup> Cassandra R. dos Santos, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), 97119-900, Brasil, cassandrarodrigues@bol.com.br

<sup>2</sup> R. Radharamanan, School of Engineering, Mercer University, 1400 Coleman Avenue, Macon, GA 31207-0001, USA, radharaman\_r@mercer.edu

fortemente em ferramentas computacionais e em treinamentos para seus engenheiros na utilização das mesmas. Entretanto, a utilização de modernas ferramentas não é suficiente para atingir os objetivos de redução do tempo de desenvolvimento e melhoria da qualidade que o mercado exige. É necessária a prática da engenharia simultânea, pois ela pressupõe que várias atividades sejam desenvolvidas em paralelo, em oposição ao método tradicional de seqüenciamento de etapas. Dessa forma, é possível a realimentação de uma atividade pela outra. Isso é vantajoso por evitar os desperdícios de tempo e recursos, causados pelo não envolvimento completo dos vários setores nas etapas iniciais do ciclo. O tempo e os recursos gastos para executar tarefas que posteriormente precisarão ser refeitas jamais serão recuperados. Foi baseando-se neste contexto, que se decidiu aplicar a abordagem da engenharia simultânea em indústrias de pequeno e médio porte da região sul, a fim de orientá-las a produzirem produtos/processos que atendam as exigências do mercado consumidor.

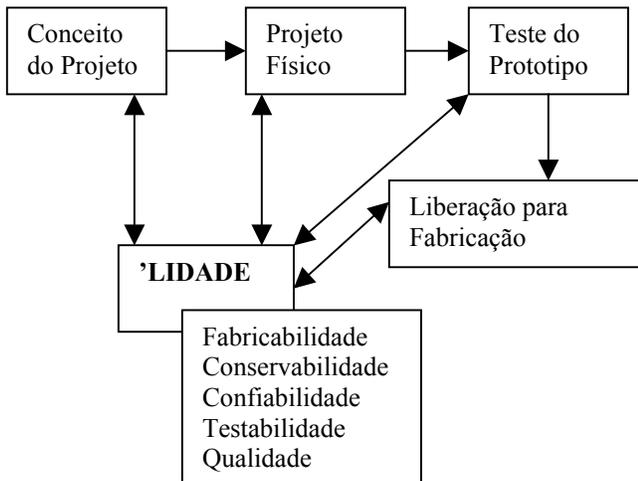


FIGURA. 2  
CICLO DO PROJETO DE UM PRODUTO

### METODOLOGIA

O processo de desenvolvimento de produtos envolve diferentes áreas da empresa. O departamento de marketing é importante na captação das necessidades dos consumidores (entrada) e no repasse dessas necessidades aos projetistas. A função dos projetistas é processar ou transformar essas necessidades dos consumidores, informações, e materiais em produtos e/ou serviços (saída) – Figura 3. Um fator importante para redução no tempo do desenvolvimento das atividades envolvidas será a velocidade com que estas são elaboradas pelas equipes que participam no projeto.

As ferramentas do Projeto Para Fabricação (PPF) e de Engenharia Simultânea utilizadas neste trabalho são discutidos em seguintes seções.

© 2003 ICECE

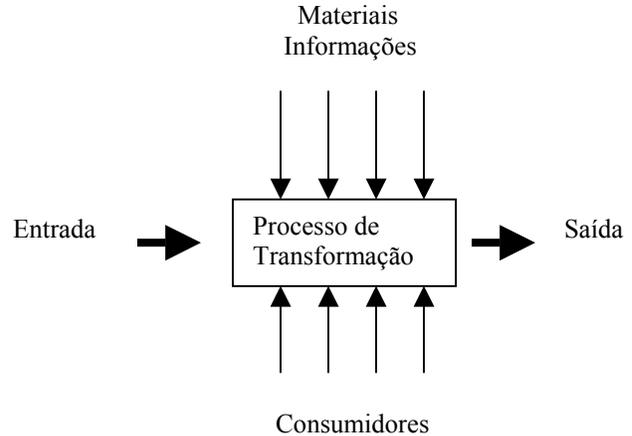


FIGURA. 3  
PROCESSO/SISTEMA DE TRANSFORMAÇÃO

### Projeto Axiomático

Esta abordagem baseia-se na condição de que: a) existem princípios ou axiomas do bom projeto; b) o emprego de axiomas para guiar e avaliar decisões dos projetos conduz a bons projetos. Os axiomas devem ser aplicáveis a toda o conjunto de decisões do projeto e a todos os estágios, fases e níveis do processo do projeto [6, 7, 16]. Os conceitos de axiomas hipotéticos são:

- **Axioma 1:** no bom projeto é mantida a independência de requisitos funcionais.
- **Axioma 2:** entre os projetos que satisfazem o axioma 1, o melhor projeto é aquele que tem o mínimo conteúdo de informações.

As etapas do projeto de axiomas são: 1. Identificar os requisitos e restrições funcionais; 2. Prosseguir com o projeto, aplicando os axiomas a cada uma das decisões do projeto.

### Diretrizes do PPF

Afirmações sistemáticas e codificadas da prática de bons projetos que tenham sido derivadas, empiricamente, anos de experiência em projeto e fabricação. São diretrizes, atuando tanto para estimular a criatividade quanto para mostrar o caminho para o desenvolvimento de um bom projeto, que resultam em um produto que é inerente, mais fácil de fabricar [17, 18]. Algumas das diretrizes do PPF são: Projetar para um número mínimo de peças; Desenvolver um projeto modular; Minimizar as variações das peças; Projetar peças para serem multifuncionais; Projetar peças de uso múltiplo; Projetar peças fáceis de fabricar; Evitar separar os prendedores; Minimizar as instruções de montagem (projeto para montagem de alto a baixo); Maximizar a conformidade (projeto para facilidade de montagem); Minimizar o

March 16 - 19, 2003, São Paulo, BRAZIL

manuseio (projeto para o manejo e a apresentação); Avaliar os métodos de montagem; Eliminar ou simplificar regulagens; e Evitar componentes flexíveis.

### Projeto para Montagem (PPM)

Desenvolvido por Boothroyd e Dewhurst, no MIT, este método baseia-se, nas técnicas de estudo dos tempos e movimentos da Engenharia Industrial. Procura minimizar os custos de montagem dentro das restrições impostas por outros requisitos do projeto [5, 14]. O método PPM é dividido em três seções:

- **Escolha do Método de Montagem:** é um procedimento de escolha entre a montagem manual, a montagem automática com finalidade especial e a montagem automática programável. As informações básicas necessárias são: volume de produção por turno, número de peças na montagem, produto único ou variedade de produtos, número de peças necessárias a diferentes estilos, número das principais modificações esperadas no projeto ao longo da vida do produto e política de investimento da empresa com relação ao emprego de máquinas em substituição à mão-de-obra.
- **Projeto para Montagem Manual:** consiste em comparar o tempo ideal calculado de montagem requisitado pelo projeto de um produto em particular e o tempo atual. O tempo ideal é calculado pelo número teórico de peças em relação ao movimento relativo, diferentes materiais e a necessidade de manufatura e concerto. O tempo atual é calculado para cada peça, dividido entre operações de manuseio e encaixe. Para cada dificuldade associada a cada operação, penalidades, em segundos, são acrescentadas ao valor básico.
- **Projeto para Montagem Automática:** consiste em: Estimar o custo do manuseio automatizado do volume e de sua entrega orientada; Estimar o custo do encaixe automático de peças; Decidir se a peça deve ser separada de todas as outras na montagem; Combinar os três resultados acima para calcular o custo total da montagem.

Após estimar a eficiência do PPM, o quociente de contagem de peças é calculado do seguinte modo: Quociente de Contagem de Peças

$$= \frac{\text{Número Teórico Mínimo de Peças}}{\text{Número Atual de Peças}}$$

Se estas duas medidas estiverem de acordo, valores para elas são fixados como meta. Esta abordagem fornece um alvo quantitativo para a equipe e se torna a base para a aceitação de um projeto particular.

### Padrão de Qualidade Internacional (ISO 9000)

Qualidade é uma vantagem competitiva no mercado, isto significa que as indústrias devem ter a mesma ou melhor qualidade do que os seus competidores, observando que a qualidade dos competidores vêm melhorando continuamente. Para ser competitivo, um programa viável de melhoramento contínuo deve ser desenvolvido e implementado na prática [20].

Os padrões ISO-9000 existem principalmente para facilitar os comércios internacionais. As mudanças devido a globalização são: novas tecnologias em todos os setores das indústrias; redes de comunicações eletrônicas mundias; viagens mundias; aumento dramático na população mundial; redução nas reservas de recursos naturais; uso intensivo de terra, água, energia, e ar (problemas de ambiente comuns); redução de mão-de-obra em empresas grandes; número e complexidade entre as línguas, cultura, jurídica, e social encontrado na economia global com diversidade como fator principal permanente; e países em desenvolvimento tornando uma maior proporção da economia global com novos tipos de competidores e novos mercados. Essas mudanças necessitam melhor qualidade nos seus produtos [13]. Visão 2000 tem quatro metas que relaciona para manter os padrões ISO-9000 para atender continuamente as necessidades do mercado: aceitação universal, compatibilidade atual, compatibilidade no futuro, e flexibilidade [8, 13]. Um fornecedor certificado pelo padrão ISO-9000 (ISO-9001 ou ISO-9002 ou ISO-9003) é considerado como um fornecedor confiável mundialmente para fornecer produtos e serviços com qualidade; os consumidores podem reduzir ou eliminar as inspeções de componentes comprados resultando um sistema eficiente para comércio global [9, 20]. As 20 cláusulas de padrão ISO 9001, mais compreensivas de três padrões, são encontradas em [9, 13].

### Desdobramento de Função de Qualidade

Medida e avaliação da qualidade de um produto não é difícil, então podemos estabelecer padrões de conformidade, inspecionar e testar os produtos, identificar as taxas de defeitos, corrigir erros, e impor nível de desempenho. O desdobramento da função de qualidade (DFQ) permite reunir uma quantidade de informações em uma forma concisa, em um pequeno número de documentos – os diagramas de DFQ. Sendo a forma gráfica a mais efetiva na simplificação de informações complexos [1, 4].

O DFQ é dirigido ao consumidor, basicamente para ouvir a “voz do consumidor” durante o desenvolvimento de produtos e processos, identificar e enfocar os detalhes e decidir o que é importante. Essa ferramenta simplifica um conjunto de informações através do uso de gráficos baseados em matrizes. O DFQ é um sistema que traduz os

requerimentos dos consumidores e identifica as modificações necessárias antes da ocorrência de desperdícios, reduzindo os riscos durante a fase de desenvolvimento, criando um conhecimento básico dos produtos, introduzindo a “voz do consumidor” no processo de desenvolvimento [4, 14].

Esse método permite reunir uma quantidade de informação maior sendo que é em forma de gráficos. Como cada consumidor é diferente em suas expectativas e necessidades, conseqüentemente, em requerimentos, identifica consumidores em vários estágios do ciclo de vida do desenvolvimento, e emprega técnicas para compilar os requerimentos dos consumidores. O DFQ exige uma lista de “QUES” e “COMOS”, onde os itens “QUES” são as necessidades e os “COMOS” são os requisitos mensuráveis dos consumidores [1, 4].

O desdobramento de função de qualidade – especificamente, a casa de qualidade – é uma ferramenta efetiva de administração no qual as expectativas dos consumidores são utilizados para dirigir o processo em consideração. Algumas vantagens e benefícios da implementação de DFQ são: uma maneira ordenada de obter e apresentar informações; ciclo de desenvolvimento reduzido; redução considerável em custo; mudanças mínimas no processo; redução nos descuidos durante execução de processo; um ambiente de trabalho em grupo; decisões consensos; e preservação de tudo em forma escrita, ou seja, a implantação de DFQ resulta em consumidores satisfeitos [1, 15].

## RESULTADOS

Um estudo foi feito para a implantação de algumas ferramentas de engenharia simultânea e projeto para manufatura numa indústria eletrônica localizado no Rio Grande do sul. Foi utilizada a metodologia de montagem manual de engenharia simultânea durante a fabricação dos produtos “alarme/sirene” de carros com componentes eletrônicos. O estudo inicial com a administração e com os grupos do projeto e manufatura indicaram o seguinte:

- **Tipos de Problemas com Respeito ao Produto:** componentes plásticos defeituosos recebidos de fornecedores, acabamento externo visual, matéria prima e placa eletrônica defeituosa, e uso não próprio do produto.
- **Fatores que Influenciam o Custo do Produto:** matéria prima, treinamento de mão-de-obra, transporte, programa de qualidade, re-trabalho, tempo ocioso na linha de montagem, marketing, impostos, e garantia do produto.
- **Problemas Relacionados ao Processo de Produção:** resistores queimados, máquinas e equipamentos obsoletos, falta de manutenção preventiva, e falta de ferramentas.

© 2003 ICECE

- **Tipos de Reclamações dos Consumidores:** Atraso na entrega do produto, alta custo do produto, concorrência com melhor produto, e produtos defeituosos.

Algumas ferramentas de engenharia simultânea foram adotadas e aplicadas na indústria eletrônica selecionada. Diretrizes do projeto para fabricação foram utilizadas inicialmente para re-projetar os produtos existentes. Todas as pessoas da indústria, incluindo mão-de-obra até administradores da empresa foram treinados através de um programa de treinamento intensivo. A linha de montagem foi re-projetada incluindo novas ferramentas e equipamentos. Os procedimentos para testar o produto final foram modificados. A qualidade do produto foi melhorada através da certificação ISO 9002. Finalmente, os conceitos de desdobramento de função de qualidade (DFQ) foram implantados para satisfação das necessidades dos consumidores.

Antes da implantação do conceito de engenharia simultânea entre 35-40% de itens fabricados e vendidos voltavam para reparo e re-trabalho dentro de três meses de venda hoje este valor foi reduzido significativamente, com a implantação dos padrões de qualidade, do re-projeto de linhas de montagem, e uso dos conceitos de DFQ.

As reclamações dos consumidores foram reduzidas significativamente, e os reparos e retrabalhos diminuídos entre 5-10%. Atualmente, a empresa está exportando seus produtos para outros países da América Latina.

## CONCLUSÕES

Neste projeto, vários conceitos foram discutidos sobre engenharia simultânea. Estes conceitos quando aplicados adequadamente a indústrias de pequeno porte ajudam ao grupo de projetistas a elaborar um projeto ótimo para cada produto. Os conceitos e métodos aqui abordados tem mostrado alta eficiência quando aplicados em situações práticas. Os benefícios são obtidos aplicando-se e implementando-se corretamente a engenharia simultânea. Somente pela integração do projeto, manufatura, e marketing uma indústria pode, hoje, sobreviver neste mercado altamente competitivo onde custo, tempo de entrega e qualidade são indispensáveis à sobrevivência de qualquer indústria.

## REFERÊNCIAS

- [1] Akao, Y., “*Quality Function Deployment - Integrating Customer Requirements into Product Design*”, Productivity Press, 1990.
- [2] Allen, W. C., “*Simultaneous Engineering Manufacturing and Design*”, SME, Michigan, 1990.
- [3] Anderson, D. M., “*Design for Manufacturability: Optimizing Cost, Quality, and Time-to-Market*”, CIM Press, California, 1990.

March 16 - 19, 2003, São Paulo, BRAZIL

3<sup>rd</sup> International Conference on Engineering and Computer Education

- [4] Besterfield, D. H., Besterfield-Michna, C., Besterfield, G. H., and Besterfield-Sacre, M., "*Total Quality Management*", Second Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1999.
- [5] Boothroyd, G., "*Product Design for Manufacture and Assembly*", M. Dekker, New York, 1994.
- [6] Carter, D. E., and Baker, B. S., "*Concurrent Engineering: The Product Development Environment for the 1990*", Reading, Mass, Addison- Wesley, 1992.
- [7] Helander, M. and Nagamachi, M., "*Design for Manufacturability: A Systems Approach to Concurrent Engineering and Ergonomics*", Taylor & Francis, Washington D. C., 1992.
- [8] Juran, J. M., and Godfrey, A. B., "*Juran's Quality Handbook*", McGraw-Hill, New York, Fifth Edition, 1999.
- [9] Lamprecht, J. L., "*ISO 9000: Preparing for Registration*", ASQC Quality Press, Milwaukee, 1992.
- [10] Miller, L. C. G., "*Concurrent Engineering Design: Integrating the Best Practices for Process Improvement*", SME, Michigan, 1993.
- [11] Nevins, J. L., and Daniel E. W., "Concurrent Design of Products and Processes: A Strategy for the Next Generation in Manufacturing", McGraw-Hill, New York, 1989.
- [12] Norman, R., "*Concurrent Product/Process Development (CP/PD) - A Current Design Methodology: Making it Happen*", International TechneGroup Incorporated, Revised, 1990.
- [13] Peach, R. W., "*The ISO 9000 Handbook*", Richard D. Irwin, Chicago, 1997.
- [14] Radharamanan, R., "*Concurrent Engineering and Design for Manufacture*", Keynote Speech, XIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis, 1993.
- [15] Shina, S. G., "*Concurrent Engineering and Design for Manufacture of Electronics Products*", Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.
- [16] Stoll, H. W., "Design for Manufacture", *J. of Manufacturing Engineering*, January, 1998.
- [17] Susman, G. I. (Editor), "*Integrating Design and Manufacturing for Competitive Advantage*", Oxford University Press, New York, 1992.
- [18] Tanner, J. P., "Product Manufacturability", *J. of Automation*, May, 1989.
- [19] Turtle, Q. C., "*Implementing Concurrent Project Management*", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994.
- [20] Winchell, W., "*Continuous Quality Improvement: A Manufacturing Professional's Guide*", SME, Michigan, 1991.