

ABORDAGENS DE QFD PARA ENGENHARIA SIMULTÂNEA: UMA REVISÃO ANALÍTICA

Manoel O. C. Peixoto¹ E Luiz C. R. Carpinetti²

Escola de Engenharia de São Carlos/ USP, CP 359, CEP 13560-970 - São Carlos - SP - Tel: (016)273-9421 - Fax (016)274-9237. E-mail: otelino@sc.usp.br¹ carpinetti@prod.eesc.sc.usp.br²

ABSTRACT:

The ever increasing need of quality and speed in product and process development has been lead many academics and practitioners to development and applications of concepts and methodologies such as QFD and concurrent engineering. This paper presents a review on some QFD approaches intended to cope with the concept and practice of concurrent engineering. The paper is concluded with some discussion on the merits and drawbacks of the approaches

“**KEYWORDS**”: quality function deployment; product development – management; product planning

RESUMO:

O *quality function deployment* (QFD) e a engenharia simultânea são metodologias recomendadas para assegurar a qualidade e acelerar o processo de desenvolvimento de produto. Este artigo apresenta uma revisão da literatura sobre duas abordagens de QFD desenvolvidas para suportar a engenharia simultânea. Conclui que ambas abordagens são realmente compatíveis com a sobreposição de atividades e que elas apresentam características complementares.

PALAVRAS-CHAVES:, engenharia simultânea, gestão do desenvolvimento do produto.

1 INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais, para sobreviver, as empresas precisam ser competitivas. Segundo AGOSTINHO (1995), competitividade é a capacidade da organização oferecer ao mercado produtos ou serviços capazes de motivar os consumidores a escolhê-la como fornecedora, em detrimento das alternativas de suprimento disponibilizadas por organizações concorrentes. Portanto, a competitividade da empresa depende diretamente do grau de exigência dos consumidores, do desempenho dos produtos (qualidade, preço, confiabilidade, *design*, etc) e do desempenho das empresas que fabricam e comercializam esses produtos (pontualidade e confiabilidade de entrega, imagem, rede de distribuição, etc).

A partir de 1990, muitos segmentos do mercado brasileiro passaram a ser disputados por algumas das mais competitivas empresas (e produtos) mundiais. Por isso, as empresas desses segmentos têm que responder à exigências semelhantes àsquelas enfrentadas por empresas internacionais. Tais exigências obrigam as empresas serem inovadoras, darem atenção ao custo do produto, terem qualidade de produto e de processos, terem capacidade de encontrar novas soluções (WILLAERT *et al*, 1998), terem flexibilidade de *mix*, de volume e de demanda (XAVIER, 1997), serem ecologicamente corretas (ASIEDU & GU, 1998) e diminuir continuamente o *time to market* (ZIRGER & HARTLEY, 1996 e SCHNIEDERJANS & HONG, 1996).

Segundo PEIXOTO (1998), percebe-se que a competitividade é fortemente relacionada com o desenvolvimento de produto, embora não determinada exclusivamente por esse processo. Isso porque, de um modo ou de outro, a capacidade da empresa responder satisfatoriamente a todas as exigências que lhe são impostas pelo mercado competitivo é direta e fortemente influenciada pelo desenvolvimento de produto. Para exemplificar, pode-se citar que, segundo ASIEDU & GU (1998), KAPLAN & COOPER (1998) e RAGATZ *et al* (1997), de 75% a 85% do total do custo de um produto, em todo seu ciclo de vida, é determinado nos estágios iniciais do seu projeto.

Porém, para ser fonte de competitividade, o próprio processo desenvolvimento de produtos precisa ser eficiente, eficaz e rápido. Assim torna-se imperiosa a utilização de metodologias e técnicas capazes de proporcionar tais atributos a esse processo. Dentre essas metodologias pode-se citar a engenharia simultânea e o *quality function deployment* (QFD).

Este artigo vai apresentar duas abordagens de QFD desenvolvidas especificamente para suportar a engenharia simultânea, a saber: o *concurrent function deployment* (CFD) e a *2-storied quality chart/parallel flow quality chart* (PFQC). Vai, também, para cada uma delas, analisar a possibilidade de sobreposição de atividades.

2 ENGENHARIA SIMULTÂNEA

A engenharia simultânea é uma metodologia recomendada como solução para o aumento da eficiência e para a redução do tempo de desenvolvimento de produto (WILLAERT, *et al*, 1998; DOWLATSHAHI & ASHOK, 1997; PRASAD, 1998a; PRASAD, 1996; PRASAD, 1995; EVERSHEIM *et al*, 1997; LOCH & TERWIESCH, 1998). Esta metodologia é definida de duas formas na literatura:

- Segundo HULL *et al.* (1996) e HADDAD (1996), praticar engenharia simultânea consiste em considerar as questões referentes às fases posteriores do desenvolvimento de produto já nas fases iniciais deste processo. Para CLAUSING (1994), isso implica na utilização efetiva do método de solução antecipada de problemas e na utilização de equipes multifuncionais. Esta definição permite a organização seqüencial de todo o processo de desenvolvimento, já que não há em seu bojo qualquer impedimento, implícito ou explícito, a esta forma de organização de atividades.
- A engenharia simultânea é a execução em paralelo de algumas fases e tarefas do desenvolvimento de produto. Desse modo, o desenvolvimento do produto torna-se um processo composto de fases executadas paralelamente e de outras executadas seqüencialmente (SMITH & EPPINGER, 1998; HAUPTMAN & HIRJI, 1996; KING & MAJCHRZACK, 1996; KRISHNAN, 1996; LIKER *et al.*, 1996; NUMATA & TAURA, 1996 e SCHNIEDERJANS & HONG, 1996). A escolha do modo de execução das atividades — se simultâneo ou se seqüencial — deve considerar, primordialmente, o risco da sobreposição aumentar o custo e/ou o tempo de desenvolvimento (KRISHNAN, 1996). Portanto, pode-se considerar que as descrições de engenharia simultânea mostrando a sobreposição de todas as atividades, como em PRASAD (1995), são puramente didáticas.

Para LIKER *et al* (1996), a prática da engenharia simultânea deveria incluir a abordagem baseada em conjuntos, tanto no nível conceitual quanto no nível de parâmetros. No primeiro nível, vários

conceitos de produto são gerados e “explorados” paralelamente durante todo o processo de desenvolvimento de produto. No segundo nível, os valores nominais dos parâmetros de projeto são inicialmente definidos em faixas de valores, como por exemplo “distancia entre eixos entre 2,5 e 3 metros”. De posse das faixas de valores definidas nas fases anteriores, cada estágio do processo de desenvolvimento define faixas de valores para seus próprios parâmetros, sempre buscando atender a duas variáveis: a compatibilidade com os demais estágios e suas próprias limitações tecnológicas. Posteriormente, através de negociações, os piores valores para os parâmetros de cada fase vão sendo descartados. Assim, gradativa e continuamente, vai-se convergindo para a alternativa mais aceitável para todos.

3 O QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)

O *Quality Function Deployment* (QFD) é proposto na literatura como uma metodologia de gestão do desenvolvimento de produtos (ABREU, 1997; AKAO, 1996; AKAO, 1990; CHENG *et al*, 1995; CLAUSING, 1994; CLAUSING & PUGH, 1991; DAY, 1993; KIENITZ, 1995; KING, 1989; MALLON & MULLIGAN, 1993; PEIXOTO, 1998; PEIXOTO & CARPINETTI, 1998; SIVALOGANATHAN & EVBUOWAN, 1997), embora alguns autores prescrevam a utilização de apenas uma de suas fases — a casa da qualidade — para introduzir a “voz” do cliente na empresa, ou para relacionar requisitos a características técnicas de projeto (AGOSTINHO & CASTRO, 1997; GHAHRAMANI, 1996; OHFUJI *et al*, 1997; RADHARAMANAM & GODOY, 1996; RAJALA & SAVOLAINEN, 1996; ROSENFELD, 1997; SANTOS, 1995).

Quando o QFD é utilizado como ferramenta de gestão, a elaboração de suas matrizes deve ser o elemento de coordenação do processamento de informações, ditando o “ritmo” do desenvolvimento de produto e a seqüência das atividades deste processo. Isso significa que cada fase do processo de desenvolvimento deve ter a elaboração da respectiva matriz de QFD como seu elemento “condutor”. Será, então, a matriz de QFD que irá “solicitando”, no transcorrer de sua confecção, a realização de todas as análises e cálculos de engenharia e de mercado necessários para o projeto do produto. Essas análises e cálculos devem ser auxiliados, sempre que possível, por outras metodologias, ferramentas e técnicas de projeto, como CAD/CAM/CAPP, FMEA, FTA, *design for cost*, análise de elementos finitos, *Taguchi*, etc. Desse modo, também será o QFD que “disciplinará” a utilização dessas técnicas e ferramentas de projeto.

A evolução do QFD, a partir do trabalho original de Yoji Akao, levou ao surgimento de diferentes versões dessa metodologia. Tais versões não serão aqui detalhadas já que são exaustivamente descritas, e discutidas, na literatura nacional e internacional (ABREU, 1997; DAY, 1993; SIVALOGANATHAN & EVBUOWAN, 1997; SIVALOGANATHAN et al., 1995; EVBUOWAN et al, 1995; AKAO, 1996; CHENG *et al.*, 1995; CLAUSING, 1993; MALLON & MULLIGAN, 1993; CLAUSING & PUGH, 1991; AKAO, 1990; KING, 1989; HAUSER & CLAUSING, 1988; PEIXOTO, 1998, PEIXOTO & CARPINETTI, 1998; e SULLIVAN, 1986). Porém, deve-se ressaltar que dentre essas versões, quatro se destacam, conforme citadas abaixo:

1. O QFD das Quatro Fases;
2. O QFD-Estendido;
3. O QFD das Quatro Ênfases e;
4. A versão da Matriz das Matrizes.

Porém, tais versões exigem a construção seqüencial de suas matrizes. Assim, quando utilizadas como ferramenta de gestão do desenvolvimento de produto, nos moldes descritos acima, tais matrizes impedem a sobreposição de atividades interrelacionadas seqüencialmente. Por isso, alguns autores vem propondo novas abordagens de QFD que, segundo eles, são mais adequadas para serem aplicadas em conjunto com a sobreposição de atividades. Dentre essas abordagens pode-se citar o *Concurrent function deployment* (CFD) e o *2-storied quality chart/ parallel flow quality chart* (PFQC). Estas serão descritas a seguir.

3.1 O CONCURRENT FUNCTION DEPLOYMENT (CFD)

O *concurrent function deployment*, conforme descrito por PRASAD (1998b) e por PRASAD (1997), consiste no desdobramento do produto em três eixos, conforme segue:

- No eixo “X” desdobram-se as dimensões de manufatura (ver Figura 1), garantindo o que PRASAD (1997) chama de desdobramento do valor total.

Para desdobrá-las utiliza-se matrizes típicas de QFD, cujas colunas correspondem aos requisitos e cujas linhas correspondem às características técnicas desdobradas. Mas as dimensões de manufatura são independentes entre-si. Por isso, os desdobramentos das várias dimensões de manufatura podem ser sobrepostos, com uma restrição: a dimensão “qualidade” somente deve ser iniciada após o término do desdobramento, na respectiva fase, das outras dimensões.

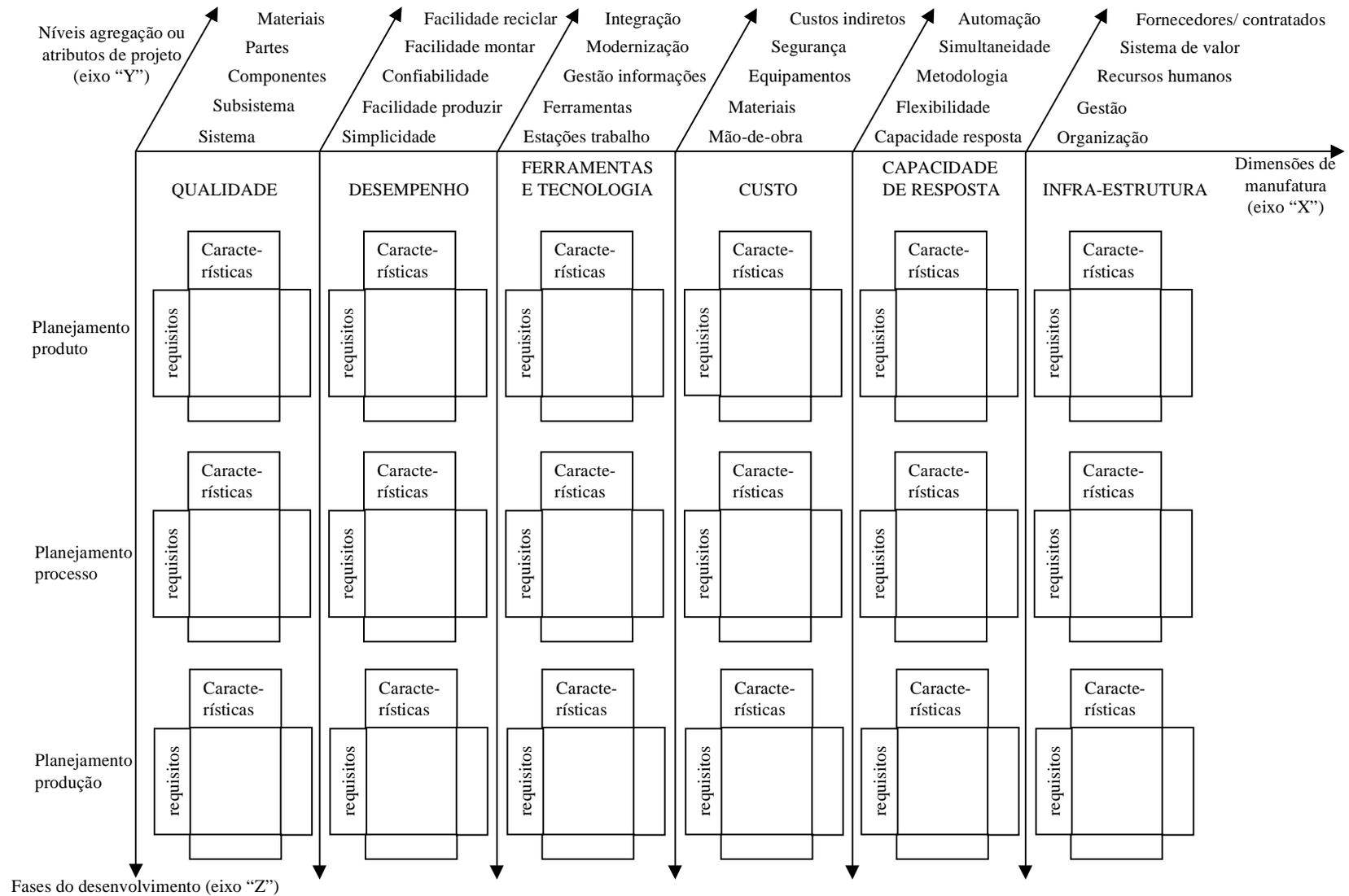


Figura 1 – O *concurrent function deployment* (adaptada de PRASAD, 1977 e PRASAD, 1998b)

Um detalhe, cada matriz do eixo “X” deve ser desdobrada ao longo dos eixos “Y” e “Z”.

- No eixo “Y”, na dimensão de manufatura “qualidade”, desdobra-se o produto em seus diversos níveis de agregação, ou seja, sistema, subsistemas, componentes, partes e materiais (ver Figura 1). Portanto, é similar ao QFD-Estendido, excluindo deste a matriz de produção dos componentes e incluindo a matriz de materiais. Isso significa que a elaboração seqüencial das matrizes é obrigatória, pois a tabela de entrada da matriz em elaboração corresponde à saída da matriz anterior. Significa, também, que é impossível sobrepor as tarefas interrelacionadas, pelo menos dentro da fase de “projeto do produto” (ver BLACKBURN *et al*, 1996 para obter o conceito de sobreposição de tarefas).

Nas demais dimensões, desdobram-se vários atributos de projeto ligados a cada dimensão de manufatura (ver Figura 1). Tais atributos são independentes entre-si. Assim, devem ser empregadas matrizes de QFD, mas sem utilizar a tabela de saída da matriz anterior como entrada da matriz em elaboração. Por isso, a sobreposição de tarefas dentro da mesma fase é perfeitamente possível.

Percebe-se que os eixos “Y” e “Z” podem ser executados com sobreposição de atividades, quando considerados um em relação ao outro. Em outras palavras, a fase de planejamento do processo pode iniciar-se antes do término da fase de planejamento do produto e a fase de planejamento da produção pode ser iniciada antes da fase do planejamento do processo, caracterizando o que BLACKBURN *et al* (1996) chamam de sobreposição de fases. Nesse sentido, o seqüenciamento obrigatório das fases restringe-se ao mesmo nível de agregação do produto.

- No eixo “Z” desdobram-se as três grandes fases genéricas do desenvolvimento do produto, a saber: planejamento do produto, planejamento do processo, planejamento da produção (ver Figura 1).

Na dimensão de manufatura “qualidade”, este eixo é similar ao QFD das quatro fases, excluindo a matriz de planejamento dos componentes. E nas outras dimensões de manufatura, corresponde ao desdobramento dos vários atributos de projeto para as fases seguintes. Por exemplo, para a dimensão “*desempenho*”, na fase de planejamento do produto, deve-se identificar os requisitos do aspecto de projeto “*simplicidade*” e desdobrá-los em soluções de projeto para o produto; na

fase de planejamento de processo, tais soluções para o produto devem ser desdobradas em soluções técnicas para os processos de fabricação, e assim por diante.

No eixo “Z”, para todas as dimensões de manufatura, a entrada de uma matriz corresponde a saída da matriz anterior, tornando obrigatória a elaboração sequencial do desdobramento. Cabe aqui ressaltar que, para cada matriz do eixo “Y”, deve-se executar todo o desdobramento do eixo “Z”. Então haverá, para cada nível de agregação do produto, o desdobramento das três fases do desenvolvimento (planejamento do produto, planejamento do processo e planejamento da produção), no que PRASAD (1977) chama de desdobramentos por camada. Do mesmo modo, cada aspecto de projeto, de cada dimensão de manufatura, será desdobrado em características técnicas para as três fases do desenvolvimento.

Para resumir pode-se afirmar o CFD permite a sobreposição das atividades de desdobramento das dimensões de manufatura, excetuando-se a “qualidade”, e dentro de cada dimensão desdobramento permite a sobreposição de fases, conforme definida por BLACKBURN *et al.* (1996).

3.2 O 2-STORIED QUALITY CHART/ PARALLEL FLOW QUALITY CHART (PFQC)

O *2-storied quality chart/ parallel flow quality chart (PFQC)* consiste na aplicação do QFD das Quatro Ênfases (modelo de AKAO) em dois níveis sobrepostos (TSUDA, 1997; TSUDA, 1995). O primeiro nível é executado por um time multifuncional, ao qual é atribuída a tarefa de coordenar o processo de desenvolvimento. Nesse nível executam-se os desdobramentos da qualidade, da tecnologia, do custo e do mercado, este último em substituição ao desdobramento da confiabilidade. No segundo nível, equipes especializadas, incumbidas de projetar detalhadamente uma ou mais partes específicas do produto, executam as quatro ênfases propostas por AKAO (qualidade, tecnologia, custo e confiabilidade). Porém, cada uma dessas equipes considera apenas seu “raio” de especialização. Então, por exemplo, segundo TSUDA (1995), nesse nível tem-se o desdobramento do chassi, o desdobramento da carroceria, o desdobramento do motor, etc. Um detalhe; essas equipes especializadas tanto podem pertencer à organização quanto aos fornecedores.

O desdobramento do primeiro nível deve integrar os desdobramentos do segundo nível, promovendo a compatibilização dos projetos elaborados pelas várias equipes especializadas. Essa compatibilização envolve o alinhamento das decisões e o conseqüente ajuste dos valores de

qualidade projetada (TSUDA, 1997). Por isso, é um processo de negociação que requer intensa participação dos projetistas e troca de informações em duas vias entre estes e o time coordenador.

Para melhor entendimento do exposto acima, a partir deste ponto, vai-se detalhar a elaboração desta abordagem, focando principalmente o fluxo de informações entre o time coordenador e as equipes especializadas. Esse detalhamento será apoiado pela Figura 2. Nesta figura, a primeira página corresponde ao desdobramento de primeiro nível (time coordenador). A segunda página, e as subsequentes, correspondem aos desdobramentos de segundo nível (equipes especializadas). O fluxo de informação entre o primeiro e segundo nível é indicado pelas setas que unem a primeira e segunda páginas. As bolinhas brancas existentes na origem das setas indicam que as informações fluem do primeiro nível (time coordenador) para o segundo nível (equipes especializadas). E as bolinhas pretas significam que as informações fluem do segundo nível (equipes especializadas) para o primeiro nível (time coordenador).

3.2.1 O DESDOBRAMENTO DA QUALIDADE

Como primeira atividade dessa abordagem, o time coordenador elabora a tabela dos requisitos dos clientes, esta conforme descrita em PEIXOTO (1998). Em seguida os principais requisitos dos clientes são transmitidos para as equipes especializadas (ver Figura 2). Então, cada equipe especializada elabora uma tabela de características de qualidade específica para a parte do projeto sob sua responsabilidade (ver PEIXOTO, 1998, para obter uma descrição detalhada da tabela de características de qualidade).

Após elaborar sua respectiva tabela, segundo TSUDA (1995), cada equipe especializada envia suas principais características de qualidade para o time coordenador, onde estas devem ser “compatibilizadas” com as características de qualidade das demais equipes especializadas. Desse modo, o time coordenador compõe uma casa da qualidade única para o produto, garantindo, segundo TSUSA (1995), um produto bem balanceado.

Tendo elaborado a tabela das características de qualidade, cada equipe especializada deve terminar o desdobramento da qualidade referente a sua área de responsabilidade, elaborando as matrizes “requisitos dos clientes *versus* funções”, “funções *versus* características de qualidade”, “funções *versus* mecanismos”, “mecanismos *versus* componentes” e “componentes *versus* características de

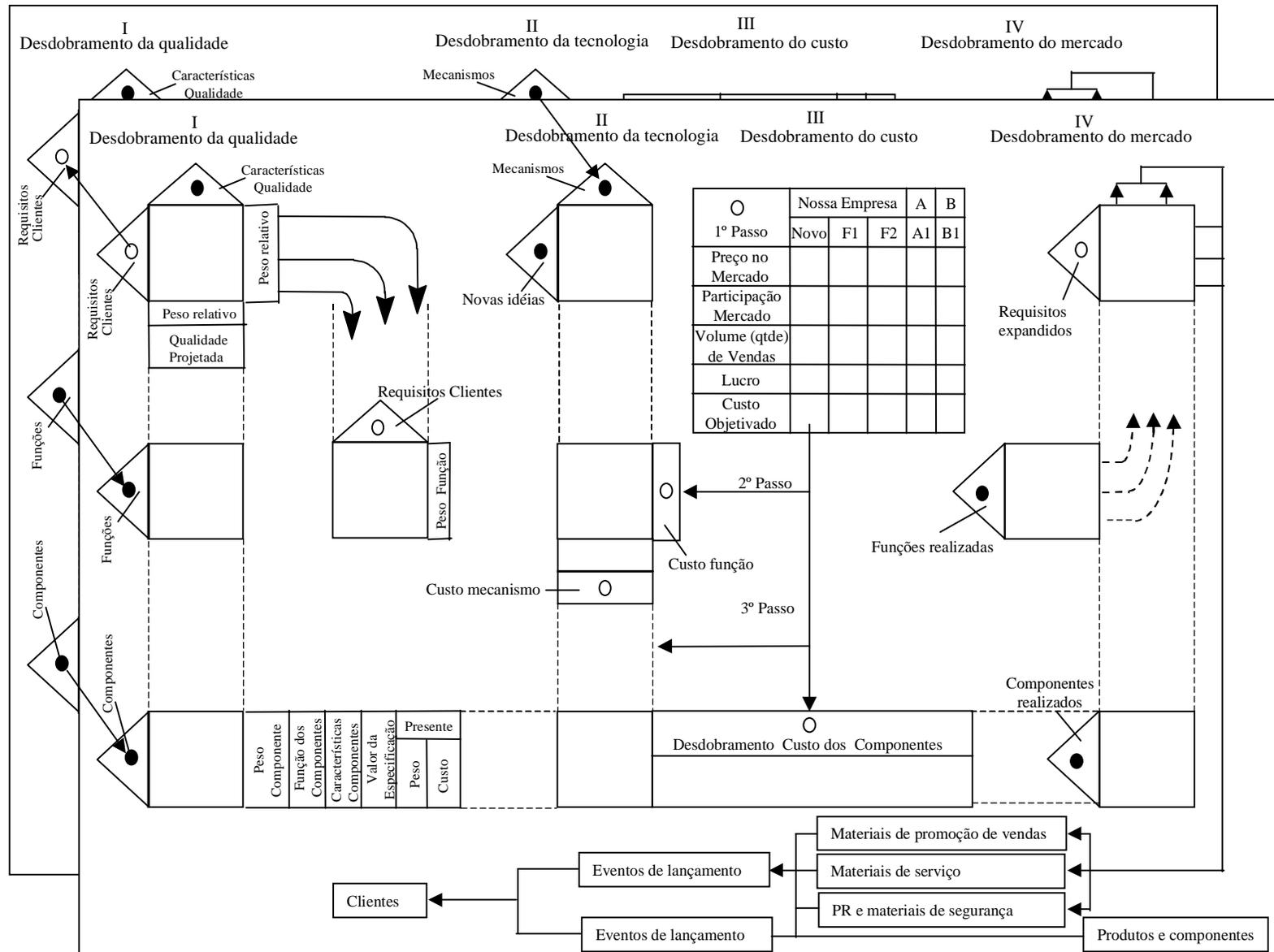


Figura 2 – O 2-storied quality chart/ parallel flow quality chart (TSUDA, 1995 e TSUDA, 1997)

qualidade” (para ver mais sobre o desdobramento da qualidade, estudar AKAO, 1990; AKAO, 1996; CHENG *et al*, 1995, PEIXOTO, 1998).

TSUDA (1997) e TSUDA (1995) não detalham como elaborar aquelas matrizes, eles apenas afirmam que as informações sobre funções, submontagens, partes, etc. fluem das equipes especializadas para o time coordenador. Porém, infere-se que esse processo pode ocorrer simultaneamente com a compatibilização das características de qualidade. Desse modo, as informações obtidas durante as negociações irão influenciar a elaboração daquelas matrizes (inclusive determinando revisão de decisões já tomadas) e as decisões tomadas na elaboração daquelas matrizes determinarão a aceitação, ou rejeição, dos valores de qualidade projetada propostos nas negociações (inclusive também determinando revisão de decisões já tomadas).

As matrizes “funções *versus* características de qualidade” e “componentes *versus* características de qualidade” devem ser enviadas ao time coordenador para serem compatibilizadas com as respectivas matrizes das demais equipes especializadas. Porém, TSUDA (1997) e TSUDA (1995) não informam explicitamente que as matrizes “requisitos dos clientes *versus* funções”, “funções *versus* mecanismos” e “mecanismos *versus* componentes” são enviadas ao time coordenador para serem compatibilizadas. Como pista, TSUDA (1995) informa que o desdobramento do custo é executado pelo time coordenador. Como no desdobramento do custo essas três matrizes são as ferramentas de distribuição do custo objetivado do produto para as funções, mecanismos e componentes (AKAO, 1996, AKAO, 1990, CHENG *et al*, 1995 e PEIXOTO, 1998), pode-se inferir que estas são enviadas ao time coordenador.

Outro detalhe importante é a possibilidade de sobreposição da elaboração das próprias matrizes do desdobramento da qualidade. Porém, essa sobreposição não é sugerida pelos autores que descrevem a versão tradicional das quatro ênfases (AKAO, 1996; AKAO, 1990; CHENG *et al*, 1990). Muito pelo contrário, eles prescrevem a existência de uma seqüência ideal para elaborá-las. No próximo parágrafo analisa-se porque, ao contrário do QFD tradicional, o *2-storied quality chart/ parallel flow quality chart* permite a elaboração simultânea dessas matrizes.

A versão das quatro ênfases original é executada seqüencialmente para permitir, durante o processo de confecção de determinada matriz, a utilização do conhecimento acumulado nas matrizes anteriores. Porém, no *2-storied quality chart/ parallel flow quality chart*, o processo de compatibilização exige a capacidade de duas equipes inter-relacionadas trocarem informações, efetuando revisão de decisões e negociando alternativas de projeto. A existência de tal habilidade

também possibilita a troca de conhecimento entre as equipes que estão elaborando as matrizes do desdobramento da qualidade. Desse modo, viabiliza-se a sobreposição dessas matrizes.

3.2.2 O DESDOBRAMENTO DA TECNOLOGIA

Segundo PEIXOTO (1998), o desdobramento da tecnologia envolve a elaboração de todas as matrizes do desdobramento da qualidade, além da confecção das matrizes “novas idéias *versus* mecanismos”, “processos *versus* mecanismos” e “características de qualidade *versus* mecanismos”. Desse modo, considerando que as matrizes do desdobramento da qualidade não vão ser repetidas por outra equipe, já existe uma sobreposição de atividades entre os desdobramentos da tecnologia e da qualidade, mesmo na versão das quatro ênfases tradicional. Resta avaliar a possibilidade de sobrepor a confecção dessas três novas matrizes à confecção das matrizes já analisadas. Percebe-se facilmente que as três podem ser iniciadas logo após o desdobramento dos mecanismos. Isso significa a possibilidade de ocorrer sobreposição de atividades entre a elaboração destas e daquelas.

Estudando-se TSUDA (1995) e TSUDA (1997), percebe-se que essas três matrizes adicionais serão totalmente elaboradas pelas equipes especializadas. E que só a matriz “novas idéias *versus* mecanismos” é enviada ao time coordenador (ver Figura 6), que deverá compatibilizar as novas idéias propostas pelas diversas equipes especializadas. Esse processo de compatibilização é necessário porque uma nova idéia poderá gerar reflexos em mecanismos sob responsabilidade de outras equipes especializadas, solucionando problemas antigos ou criando novos problemas.

Por fim, convém ressaltar que a criação dessa rede de sobreposição é teórica, talvez não sendo viável na prática, devido a complexidade das relações criadas. Nesse caso, para cada aplicação, deve-se avaliar quais são as atividades que serão sobrepostas, mantendo o fluxo de informações em um nível de complexidade que seja administrável.

3.2.3 O DESDOBRAMENTO DO CUSTO

O desdobramento do custo deve ser totalmente executado pelo time coordenador, incluindo a determinação do custo objetivado para o produto, e a alocação deste para as funções, mecanismos e componentes (TSUDA, 1995). Portanto, seu fluxo de informação ocorre do time coordenador para as equipes especializadas (TSUDA, 1997 e TSUDA, 1995), como mostra a Figura 2.

Ainda segundo TSUDA (1995), o desdobramento do custo deve ser executado logo após a elaboração da casa da qualidade. Infere-se, portanto, que este desdobramento deve ser iniciado logo após a consolidação da casa da qualidade, ocorrendo em paralelo com o restante dos desdobramentos da qualidade e tecnologia, já que aquele requer informações que somente estarão disponíveis nas demais matrizes dos dois últimos (ver AKAO, 1996 e PEIXOTO, 1998, para maiores informações sobre o desdobramento do custo). Isso já indica que haverá sobreposição de atividades entre as equipes especializadas — execução das matrizes restantes dos desdobramentos da qualidade e tecnologia — e o time coordenador — execução do desdobramento do custo. Também haverá sobreposição entre duas atividades do time coordenador — consolidação das matrizes de qualidade e tecnologia e execução do desdobramento do custo.

TSUDA (1995) ainda determina que a questão de desenvolvimento de tecnologias não deve ser alvo de preocupações do time coordenador. Isso permite inferir que, no *2-storied quality chart/ parallel flow quality chart*, a remoção dos gargalos de custo deve ser absorvida pelo desdobramento da qualidade, sendo executada durante a elaboração dos projetos detalhados de produto e processos.

3.2.4 OS DESDOBRAMENTO DA CONFIABILIDADE E DO MERCADO

O desdobramento da confiabilidade deve ser executado conforme prescrito pelo QFD tradicional, porém ficando restrito às equipes especializadas (TSUDA, 1997 e TSUDA, 1995). Para o time coordenador, esse desdobramento deve ser substituído pelo desdobramento do mercado. Nos próximos parágrafos vai-se, então, descrever o desdobramento do mercado.

O desdobramento do mercado é executado pelo time coordenador e pelos departamentos da área de *marketing*, incluindo vendas, assistência técnica, etc. Aqui também pode ser aplicado o conceito de desdobramento em dois níveis. Porém o “segundo nível” será elaborado pelos departamento citados acima, ao invés de executado pelas equipes especializadas de desenvolvimento de produto.

Estudando-se TSUDA (1995) infere-se que este desdobramento “fecha” o desenvolvimento de produto, pois nele é elaborado o material promocional e os manuais de utilização do produto, bem como o projeto dos serviços associados. Aqui também é planejado o lançamento do produto no mercado, definidos os eventos de lançamento e a estrutura de distribuição.

Segundo TSUDA (1995), o desdobramento do mercado requer, como dados de entrada, as informações relativas ao projeto do produto, ou seja, a definição final das funções do produto e a composição final do produto em termos de mecanismos e componentes. Assim, segundo TSUDA (1995) e TSUDA (1997), existe um fluxo de informações das equipes especializadas de desenvolvimento para o time coordenador. Este fluxo é representado na Figura 2 pelas bolinhas negras das matrizes 2-IV e 3-IV. Além disso, o time coordenador deve elaborar, como outro dado de entrada para o desdobramento do mercado, a relação dos requisitos expandidos. Tais requisitos expandidos, segundo TSUDA (1995), são requisitos de clientes relativos a serviços, distribuição, imagem da marca, imagem do produto, imagem da empresa, etc.

Estudando-se TSUDA (1995), infere-se que os requisitos expandidos são transmitidos para os departamentos da área de *marketing* que irão elaborar o “segundo nível” do desdobramento do mercado. Esta transmissão é representada na Figura 2 pela bolinha branca da matriz 1-IV. Também pode-se inferir que as informações sobre o projeto do produto devem ser também transmitidas aos departamentos da área de *marketing*, para que estes departamentos possam efetivamente conhecer o produto.

TSUDA (1997) e TSUDA (1995) não detalham como executar o desdobramento de mercado. Porém, pode-se inferir que as atividades dos departamentos área de *marketing* podem ser executadas simultaneamente entre-si. O time coordenador deve, então, garantir a integração e compatibilização das decisões individualmente tomadas nos diversos departamentos. Tal coordenação deve envolver a troca *on-line* das informações relevantes entre os departamentos área de *marketing* e a realização, quando necessária, de *trade-offs* entre as decisões dos departamentos da área de *marketing*.

4 COMENTÁRIOS FINAIS

As duas abordagens de QFD apresentadas efetivamente permitem a sobreposição de atividades. O *concurrent function deployment* (CFD) permite a sobreposição de fases, porém não facilita a sobreposição de tarefas dentro de uma mesma fase. Por outro lado, essa abordagem mantém a lógica de desdobramento do QFD-Estendido. Segundo PEIXOTO (1998), essa lógica facilita o alinhamento das decisões já que os parâmetros de projeto são definidos, dentro das próprias matrizes de QFD, por extração.

O *2-storied quality chart/ parallel flow quality chart* permite a sobreposição de tarefas dentro de uma mesma fase. Essa abordagem criou um sistema de compatibilização de decisões que integra projetos elaborados separadamente por equipes especializadas em partes do produto. Desse modo, disciplina-se a comunicação e a negociação entre essas equipes, permitindo efetivamente o alinhamento de decisões tomadas por elas.

Percebe-se, porém, que essas duas abordagens apresentam características complementares. Desse modo, elas podem ser integradas para somar suas vantagens. Essa integração faz parte do doutoramento do primeiro autor, sob orientação do segundo autor. A idéia é propor uma nova abordagem de aplicação que possa, ao mesmo tempo, incorporar as características do CFD e do *2-storied quality chart/ parallel flow quality chart*.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F.S. (1997). QFD - desdobramento da função qualidade - estruturando a função qualidade. *Revista de Administração de Empresas*, v.37, n.2, p.47-55.
- AGOSTINHO, M.C.E.; CASTRO, G.T. (1997). QFD no planejamento das competências: o caso da indústria cervejira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., Gramado, 1997. *Anais*. Porto Alegre, UFRGS, PPGEP. /CD-ROM/
- AGOSTINHO, O.L. (1995). *Integração estrutural dos sistemas de manufatura como pré-requisito de competitividade*. Campinas. 152p. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual de Campinas.
- AKAO, Y. (1996). *Introdução ao desdobramento da qualidade*. Trad. por Zelinda Tomie Fujikawa e Seiichiro Takahashi. Belo Horizonte, Escola de Engenharia da UFMG, Fundação Cristiano Ottoni.
- AKAO, Y., ed. (1990). *Quality function deployment: integrating customer requirements into product design*. Trad. por Glenn H. Mazur. Cambridge, Productivity Press.
- ASIEDU, Y.; GU, P. (1998). Product life cycle cost analysis: state of the art review. *International Journal of Production Research*, v.36, n.4, p. 883-908.
- BLACKBURN, J.D.; HOEDEMAKER, G.; WASSENHOVE, L.N.V. (1996). Concurrent software engineering: prospects and pitfalls. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.179-188, May.
- CHENG, L.C. et al. (1995). *QFD: planejamento da qualidade*. Belo Horizonte, UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Cristiano Ottoni.
- CLAUSING, D. (1994). *Total quality development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering*. New York, ASME (ASME press series on international advances in design productivity).

- CLAUSING, D.; PUGH, S. (1991). Enhanced quality function deployment. In: DESIGN AND PRODUCTIVITY INTERNATIONAL CONFERENCE, Honolulu, 1991. *Proceedings*. s.n.t. p.15-25.
- DAY, R.G. (1993). *Quality function deployment: linking a company with its customers*. Milwaukee, ASQC Quality Press.
- DOWLASTSHAHI, S.; ASHOK, M.S. (1997). Design optimization in concurrent engineering: a team approach. *Concurrent Engineering: research and applications*, v.5, n.2, p.145-154.
- EVBUOMWAN, N.F.O.; SIVALOGANATHAN, S.; JEBB, A. (1995). Concurrent materials and manufacturing process selection in design function deployment. *Concurrent Engineering: research and applications*, v.3, n.2, p.135-144.
- EVERSHEIM, W. *et al* (1997). Information management for concurrent engineering. *European Journal of Operational Research*, v.100, n.2, p.253-265.
- GHAHRAMANI, B. (1996). Benchmarking the application of quality function deployment in rapid prototyping. *Journal of Materials Processing Technology*, v.61, n.1-2, p.201-206, Aug.
- HADDAD, C.J. (1996). Operationalizing the concept of concurrent engineering: a case study from the U. S. auto industry. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.124-132, May.
- HAUPTMAN, O.; HIRJI, K. K. (1996). The influence of process concurrency on project outcomes in product development: an empirical study of cross-functional teams. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.153-164, May.
- HAUSER, J.R.; CLAUSING, D. (1988). The house of quality. *Harvard Business Review*, n.3, p.63-73, May/June.
- HULL, F.M.; COLLINS, P.D.; LIKER, J.K. (1996). Composite forms of organization as a strategy for concurrent engineering effectiveness. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.133-142, May.
- KAPLAN, R. S.; COOPER, R. (1998). *Custo e desempenho: administre seus custos para ser mais competitivo*. Trad. por O.P. traduções. São Paulo, Futura.
- KIENITZ, O.H. (1995). *Proposta de implantação da metodologia do quality function deployment na Mercedes-Bens do Brasil S. A.* São Carlos. 170p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos.
- KING, B (1989). *Better designs in the half the time: implementing QFD quality function deployment in América*. 3.ed. Methuen, Goal/QPC.
- KING, N.; MAJCHRZAK, A. (1996). Concurrent engineering tools: are the human issues being ignored ?. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.189-201, May.
- KRISHNAN, V. (1996). Managing the simultaneous execution of coupled phases in concurrent product development. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.210-217, May.
- LIKER, J.K. *et al* (1996). Involving suppliers in product development in the united states and japan: evidence for set-based concurrent engineering. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p. 165-178, May.
- LOCH, C.H.; TERWIESCH, C. (1998). Communication and uncertainty in concurrent engineering. *Management Science*, v.44, n.8, p.1032-1048.

- MALLON, J.C.; MULLIGAN, D.E. (1993). Quality function deployment - a system for meeting customer's needs. *Journal of Construction Engineering and Management*, v.119, n.3, p.516-531, Sept.
- NUMATA, J.; TAURA, T. (1996). A case study: a network system for knowledge amplification in the product development process. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 43, n. 2, p. 356-367, May.
- OHFUJI, T.; ONO, M.; AKAO, Y (1997). *Métodos de desdobramento da qualidade*. Trad. por Zelinda Tomie Fujikawa. Belo Horizonte, Escola de Engenharia da UFMG, Fundação Cristiano Ottoni.
- PEIXOTO, M.O.C.; CARPINETTI, L.C.R. (1998). Aplicação de QFD integrando o modelo de Akao e o modelo QFD-estendido. *Gestão e Produção*, v.5, n.3, p.221-238.
- PEIXOTO, M.O.C. (1998). *Uma proposta de aplicação da metodologia desdobramento da função qualidade (QFD) que sintetiza as versões QFD-estendido e QFD das quatro ênfases*. São Carlos. 148p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PRASAD, B. (1998a). How tools and techniques in concurrent engineering contribute towards easing cooperation, creativity and uncertainty. *Concurrent Engineering: research and applications*. V.6, n.1, p.2-6. /editorial/.
- PRASAD, B. (1998b). Review of QFD and related deployment techniques. *Journal of Manufacturing Systems*. v.17, n.3, p.221-234.
- PRASAD, B. (1997). *Concurrent engineering fundamentals: integrated product development*. v.2. Upper Saddle River, Prentice-Hall.
- PRASAD, B. (1996). Toward definitions of a concurrent product design, development, and delivery (PD³) system. *Concurrent Engineering: research and applications*. v.4, n.2, p.102-109.
- PRASAD, B. (1995). Sequential versus concurrent engineering: an analogy. *Concurrent Engineering: research and applications*. V.3, n.4, p.250-255. /editorial/.
- RADHARAMANAN, R.; GODOY, L.P. (1996). Quality function deployment as applied to health care system. *Computers & Industrial Engineering*, v.31, n.1-2, p.443-446, Oct.
- RAGATZ, G.L.; HANDIFIELD, R.B.; SCANNELL, T.V. (1997). Success factors for integrating suppliers into new product development. *Journal of Product Innovation Management*, v.14, n3, p.190-202.
- RAJALA, M.; SAVOLAINEN, T. (1996). A framework for customer oriented business process modeling. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, v.9, n.3, p.127-135.
- ROSENFELD, H. (1997). Modelo de referência para o desenvolvimento integrado de produtos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., Gramado, 1997. *Anais*. Porto Alegre, UFRGS, PPGEP. /CD-ROM/
- SANTOS, N.E.S. (1995). A utilização da casa da qualidade como ferramenta de gestão ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15., São Carlos, 1995. *Anais*. São Carlos, UFSCar. v.3, p.1893-1897.
- SCHNIEDERJANS, M.J.; HONG, S. (1996). Multiobjective concurrent engineering: a goal programming approach. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.202-209, May.

- SIVALOGANATHAN, S.; EVBUOWAN, N.F.O. (1997). Quality function deployment - the technique: state of the art and future directions. *Concurrent Engineering: research and applications*, v.5, n.2, p.171-181, June.
- SIVALOGANATHAN, S.; EVBUOWAN, N.F.O.; JEBB, A. (1995). The development of a design system for concurrent engineering. *Concurrent Engineering: research and applications*, v.3, n.4, p.257-270.
- SMITH, R.P.; EPPINGER, S.D. (1998). Deciding between sequential and concurrent tasks in engineering design. *Concurrent Engineering: research and applications*, v.6, n.1, p.15-25.
- SULLIVAN, L.P (1986). Quality function deployment. *Quality Progress*, v.19, n.6, p.39-50, June.
- TSUDA, Y. (1995). QFD models for concurrent engineering development processes of automobiles. *Concurrent Engineering: research and applications*, v.3, n.3, p.213-220.
- TSUDA, Y. (1997). Concurrent engineering case studies applying QFD models. *Concurrent Engineering: research and applications*, v.5, n.4, p.337-345.
- WILLAERT, S.S.A.; DE GRAAF, R.; MINDERHOUD, S. (1998). Collaborative engineering: a case study of concurrent engineering in a wider context. *Journal of Engineering and Technology Management*, v.15, n.1, p.87-109, March.
- XAVIER, G.G. (1997). Investigating flexibility and information technology as key elements for competitive advantage. *Produção*, v.7, n.2, p.159-176, nov.
- ZIRGER, B.J.; HARTLEY, J.L. (1996). The effect of acceleration techniques on product development time. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.143-152, May.