

## Aspectos Discriminantes entre Estratégias de Gestão do Desenvolvimento de Novos Produtos.

Alceu Salles Camargo Júnior (FEA-RP/USP) [alceu@usp.br](mailto:alceu@usp.br)  
Abraham Sin Oih Yu (FEA/USP) [abraoyu@ipt.br](mailto:abraoyu@ipt.br)

### Resumo

*Depois de fazer uma análise da evolução das principais estratégias de inovações de produtos, o trabalho busca uma discriminação entre as duas mais recentes estratégias de Gestão de Projetos por Engenharia Simultânea: Engenharia Simultânea Ponto-a-Ponto, pela qual se conduz o desenvolvimento através de melhorias a partir de um único conceito inicial e Engenharia Simultânea Baseada em Conjunto de Alternativas onde o desenvolvimento se dá em paralelo a partir de um conjunto de alternativas inicialmente viáveis. A Engenharia Simultânea acelera o processo de desenvolvimento pela tática de sobreposição de tarefas. A distinção entre as duas estratégias é feita através da elaboração de um catálogo com os principais aspectos discriminantes e representa uma contribuição à literatura na medida em que possibilita uma associação direta entre cada tipo de ambiente de negócios e de características próprias do projeto em questão com a estratégia de inovação mais apropriada.*

Palavras-Chave: Engenharia do Produto, Inovação, Engenharia Simultânea

### 1 Introdução.

A gestão do processo de desenvolvimento de novos produtos e processos tem se tornado a mais importante competência que uma empresa deve possuir. Para atender a uma demanda cada vez mais diversificada, as empresas, de todas as indústrias, tiveram de desenvolver competências tanto no aspecto de gestão da produção quanto no da inovação de produtos e processos (Clark e Wheelwright, 1993).

A Engenharia Simultânea tem sido apontada como a principal forma de dar uma boa resposta à pressão por redução no *time-to-market* (definido como o tempo decorrido desde a definição do conceito até se chegar ao desenvolvimento e posterior lançamento do produto no mercado), exercida principalmente por ambientes de negócios mais competitivos. Trata-se de uma técnica ou filosofia que busca conduzir o processo de desenvolvimento integrando as funções e as decisões de maneira multidisciplinar e co-localizando (*collocation*) o time em contraponto à abordagem seqüencial tradicional de gestão de projetos. O grande objetivo é o de fazer aparecer mais cedo os problemas e conflitos entre funções, para mais cedo também solucioná-los, diminuindo consideravelmente a quantidade de recursos e tempo gastos com posteriores análises e tarefas que teriam que ser refeitas. Esta abordagem busca motivar, desde o início, os projetistas a considerarem todos os elementos do ciclo de vida do produto desde a concepção até as vendas, passando por qualidade, custo e requisitos dos clientes, conforme Syan e Menon (1994).

Organizações e estudiosos estavam compreendendo e consolidando conhecimentos sobre a eficiência da Engenharia Simultânea nas décadas de 80 e 90 quando Ward *et al* (1995) acreditaram estar diante de um paradoxo quando examinaram a forma como a Toyota administrava o processo de desenvolvimento de seus produtos. Paradoxo porque, apesar de a Toyota empregar Engenharia Simultânea, ela não o fazia segundo os preceitos difundidos até então. Toyota não co-localizava o time de desenvolvimento e a comunicação era pouco freqüente. Além disto, e mais importante, era o fato de a Toyota atrasar as principais decisões

e desenvolver muitas alternativas e protótipos em paralelo, contrariando as principais experiências e conhecimentos sobre o eficiente emprego da Engenharia Simultânea que visavam ao desenvolvimento simultâneo de produto e processo, porém com base numa única alternativa de projeto. Tal alternativa deveria ser selecionada e fixada no início do desenvolvimento de forma a diminuir possíveis confusões futuras no andamento do projeto.

O intrigante é que a Toyota vinha desenvolvendo, mais rápido, carros melhores e mais baratos. Ward *et al* (1995) descobriram estar diante de possível aplicação de um novo paradigma na gestão do processo de desenvolvimentos de novos produtos: a Engenharia Simultânea Baseada em Conjunto de Alternativas.

Este trabalho apresenta uma análise da evolução das estratégias de gestão do processo de desenvolvimento de novos produtos e processos ao longo das últimas décadas. A pesquisa busca levantar, pela revisão da literatura, as principais estratégias de gestão de projetos de inovações e encontrar características e subsídios para estabelecer associações entre os mais variados tipos de projetos e ambientes de negócios com a estratégia de gestão da inovação que seria mais adequada ou que seria capaz de render melhores resultados.

Assim, a pesquisa é relevante não só por tratar de um tema bastante importante no contexto da competitividade das organizações mas também pelo fato de que os resultados podem gerar implicações gerenciais no sentido de que podem facilitar a identificação da estratégia a ser empregada no desenvolvimento de um novo produto com características bem conhecidas de projeto em si e do seu ambiente de negócios.

Os resultados mostram que a estratégia de Engenharia Simultânea Baseada em Conjunto de Alternativas apresenta-se como a estratégia capaz de render melhores resultados para projetos mais baratos. A Engenharia Simultânea Baseada em Conjunto de Alternativas é apontada também como a estratégia de melhor resposta a projetos considerados mais desfavoráveis, isto é, aqueles que apresentam altos níveis de complexidade e incerteza técnica e/ou em ambientes de negócios mais dinâmicos e competitivos.

O artigo está estruturado em quatro seções. A segunda seção apresenta a revisão da literatura. A terceira seção apresenta a elaboração, com base na literatura pesquisada, do catálogo com os aspectos discriminantes das duas estratégias de gestão do processo de inovação, enquanto a quarta seção traz as conclusões e contribuições à literatura e sugestões para trabalhos futuros.

## **2 Revisão da Literatura**

A Revisão da Literatura traz uma discussão dos pontos mais importantes e pertinentes à pesquisa, encontrados na literatura, sobre Gestão do Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos e Processos e Engenharia Simultânea. A primeira parte apresenta uma revisão sobre a Gestão do Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos. A segunda parte traz uma revisão dos principais aspectos e aplicabilidade da gestão de projetos como Engenharia Sequencial e Engenharia Simultânea, enquanto a terceira apresenta a Engenharia Simultânea Baseada em Conjunto de Alternativas seus conceitos, aplicações e diferenciação em relação à estratégia tradicional da Engenharia Simultânea.

### **2.1 Gestão do Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos.**

A quantidade dos problemas no âmbito da Engenharia de Produção cresceu muito nas últimas décadas. Além disto, a natureza dos problemas de gestão empresarial também se modificou bastante nas últimas duas décadas, interrelacionando-os e tornando-os muito mais complexos. Consequentemente, a análise e busca de soluções para tais problemas deve ser encarada como uma atividade mais integrada, isto é, multidisciplinar, mas necessariamente rápida e eficiente. Mudanças muito grandes nas últimas três décadas têm levado os sistemas produtivos a passarem por grandes revoluções no âmbito interno de sorte a enfrentar as mudanças no ambiente de negócios. Para Clark e Wheelwright (1993), não se trata só de que algumas

empresas simplesmente aumentaram o percentual do faturamento revertido para o processo de desenvolvimento nem de se conseguir avanços científicos com mais investimentos em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) mas, de que o processo tem sido direcionado por grandes forças como os aumentos na competição internacional, na segmentação e fragmentação dos mercados e na rotatividade e diversificação de novas tecnologias.

O engenheiro Taiichi Ohno da Toyota não revolucionou o paradigma de sistema produtivo por acaso, foi uma resposta às exigências do ambiente econômico-mercadológico vigente no Japão da década de 50. Ele precisava de um sistema que apresentasse uma produtividade bem maior e com custos menores que o da produção artesanal porém, que não fosse a solução em massa praticada em Detroit, devido ao tamanho reduzido e mais diversificado da demanda japonesa daquela época. (Womack *et al.*, 1992).

Tal ambiente deparado por Ohno o fez procurar competências diferentes daquelas desenvolvidas pelos sistemas de produção em massa no Ocidente. Acabou, assim, por revolucionar todo o antigo paradigma de gestão da produção, até então, vigente e desenvolver novas competências que, sem as quais as montadoras do mundo todo não sobreviveriam num futuro próximo. Estas quebras de paradigmas de gestão dos processos produtivos, iniciada por Ford, foram a grande regra durante o século XX, mais principalmente depois da 2.a Guerra, culminando na focalização e melhoria da Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos dos anos 80-90.

Bolwijn e Kumpe(1990) criaram um modelo de fases para explicar o relacionamento entre crescimento e diversificação de exigências e mudanças no ambiente de negócios com os ciclos de criação de competências pelas organizações depois de pesquisarem algumas organizações na Europa. Para eles, as empresas foram desenvolvendo e acumulando competências ao longo das últimas décadas. As empresas que sobrevivem vão acumulando todas as competências anteriores. Dizem os autores: “Cada novo conjunto de competências é uma extensão do antigo. A evolução dos requisitos de mercado em preço, qualidade e linha diversificada de produtos correspondem, respectivamente, às competências de eficiência, qualidade e flexibilidade na produção. Tais evoluções devem ser encaradas como novos requisitos de mercado que afloram dos anteriores e que os contém”.

Os autores acima relacionam os requisitos de mercado com as competências e os desempenhos que as empresas tiveram de desenvolver como resposta e suas evoluções ao longo do tempo, conforme encontrado no Quadro 2.1 abaixo.

Décadas	Requisitos de Mercado	Desempenhos ou Estratégias
1960	Preço	Eficiência
1970	Preço, Qualidade	Eficiência + Qualidade
1980	Preço, Qualidade, Linha de Produtos	Eficiência + Qual. + Flexibilidade
1990	Preço, Qualidade, Linha de Produtos, Novidade	Eficiênc.+Qual.+Flexib.+ Inovação

**Quadro 2.1:** Evolução dos Requisitos de Mercado e Estratégias das organizações.

**Fonte:** Bolwijn e Kumpe, (1990).

Esta é uma das razões pelas quais o processo de inovação ou desenvolvimento de novos produtos nas empresas apresenta um alto grau de importância e também de complexidade. Atualmente, pensar e gerir para a inovação é o ponto vital de sobrevivência das empresas em ambientes dinâmicos e exigentes, já que deve incorporar todas as competências anteriores.

A gestão do desenvolvimento de novos produtos contempla um emaranhado de decisões durante sua operacionalização. É durante o processo que devem ser tomadas decisões das características funcionais e de qualidade que o produto deve ter. Além disto, devem ser tomadas decisões de como o produto vai chegar aos consumidores, isto é, a questão da logística e canais de distribuição sem dizer da questão custo de produção que está relacionada às decisões da manufatura, escolha de processos, materiais, fornecedores etc.

Algumas das principais decisões de desenvolvimento incluem: Qual tecnologia será adotada para o produto? Onde a impressora será montada? Quem pertencerá ao time de projeto e quem o liderará? Quais as variações da impressora que deverão ser desenvolvidas como parte da família? Algumas empresas podem fazer escolhas diferentes e usar métodos diferentes, mas todas tomam decisões sobre os mesmos problemas: conceituação do produto, arquitetura, distribuição etc. (KRISHNAN E ULRICH (2001).

## **2.2 Gestão de projetos: Engenharia Sequencial e Engenharia Simultânea.**

O projeto de desenvolvimento de um novo produto é um processo que, por natureza, envolve uma série de funções que, a princípio, são imaginados e pesquisados de forma estanque como marketing, engenharia do produto, manufatura ou engenharia do processo, dentre as principais. Desenvolver um novo produto é colocar forma num objeto de sorte a torná-lo adequado para à necessidade e desejo de um certo grupo de consumidores. Porém, não é só isto, deve-se criar tal forma para o objeto desejado da maneira mais econômica possível para que o produto apresente-se viável para comercialização. Neste sentido, grosso modo, podemos enxergar a necessidade das três grandes disciplinas envolvidas no projeto: marketing para levantar as necessidades dos consumidores; engenharia do produto para implementar tais necessidades num objeto e transformá-lo eficazmente no produto desejado e manufatura que buscará as formas mais baratas de realmente moldar e produzir aquilo que fora anteriormente desenhado pela equipe de engenharia.

O paradigma era, até há pouco tempo, conduzir em separado as principais fases do projeto. Não havia necessidade para a integração na maioria dos setores já que as principais características do ambiente de negócios como a quantidade e qualidade da demanda, a necessidade de novas tecnologias e o nível de concorrência não se mostravam desafiadores. Pelo contrário, as relativas certezas sobre a demanda e necessidades dos consumidores sobre o produto e também sobre a tecnologia empregada no produto e processo proporcionavam uma situação extremamente confortável para os projetistas que podiam se dar ao luxo de trabalharem de forma estanque. Aliás tal concepção de projeto era tida como a mais racional. Desenvolver por completo todos os itens sem deixar quaisquer dúvidas ou lacunas e documentá-los perfeitamente antes de entregá-los ao próximo departamento da empresa era tido como o procedimento correto para o andamento do projeto. A próxima função começava realmente a trabalhar no desenvolvimento somente quando a anterior entregava o documento ou memorando contendo todas as especificações previamente elaboradas e examinadas. Assim, a engenharia de produto iria iniciar seus trabalhos de desenvolvimento somente quando recebesse do pessoal de marketing a documentação contendo todos os estudos sobre levantamento das necessidades e requisitos dos consumidores. Aí, passado algum tempo de trabalho, os engenheiros, muitas vezes, iriam descobrir que grande parte das especificações do pessoal de marketing eram inviáveis do ponto de vista técnico ou econômico, já que não conseguiam projetar algo com as características exatas ou com um nível de preço desejados pelo marketing. Havia conflitos.

Da mesma forma que surgiam conflitos entre os pessoais de marketing e engenharia de produto, eles continuavam posteriormente na fase onde entrava o trabalho do pessoal do projeto da manufatura. A única forma de resolução destes problemas nesta concepção sequencial do projeto é obtida através da realizações de várias iterações, onde as equipes refazem as análises e testes até que os conflitos se dissipem. Porém, tal concepção não resistiria a revoluções nas principais características do ambiente de negócios como quando as necessidades dos consumidores começaram a apresentar-se mais segmentada, incerta e com requisitos de qualidade além do aumento na incerteza sobre a tecnologia. Nestas condições faz-se necessário desenvolver num contexto de maior integração entre as várias funções.

Quando os projetos são estáveis, os requisitos dos consumidores são bem definidos, o tempo de vida e de desenvolvimento são grandes, os grupos funcionais podem desenvolver novos produtos eficientemente com pouca coordenação e poucas reuniões. Mas quando os mercados e a tecnologia são mais dinâmicos e o tempo são elementos críticos da competição, uma integração mais intensiva e mais aprofundada entre as funções se faz necessário para um desenvolvimento efetivo. (CLARK E WHEELWRIGHT, 1993).

Clark e Wheelwright (1993) afirmam que o processo de desenvolvimento tem de se utilizar de técnicas de resolução de problemas numa concepção preventiva e não reativa e que o processo de desenvolvimento tem de ser conduzido num ambiente mais compreensivo, com acesso a informações e proporcionado e motivado pelos gerentes. Para os autores, a equipe deve se utilizar também de técnicas que propiciem a detecção de problemas logo cedo como Desdobramento da Função Qualidade (QFD-*Quality Function Deployment*), Delineamento de Experimentos (DOE-*Design of Experiments*) e os experimentos de Taguchi, Análise de Confiabilidade, Análise dos Modos e Efeitos de Falhas (FMEA -*Failure Modes and Effects Analysis*), entre outros, além de apresentar soluções amigáveis para o produto do ponto de vista da manufatura como Projeto para a Manufatura (DFM -*Design for Manufacturability*) e o Projeto para a Montagem (DFA - *Design for Assembly*).

Esta nova abordagem de gerir o desenvolvimento de um novo produto buscando resolver os problemas e conflitos de forma mais integrada e mais cedo com apoio de técnicas de qualidade, num ambiente mais compreensivo, isto é, de completo acesso a informações, passou a ser conhecida como Engenharia Simultânea. O principal objetivo é o da obtenção da aceleração do processo de desenvolvimento pela superposição de tarefas em contraposição à Engenharia Seqüencial, como denominadas por Syan e Menon (1994).

Dentre os maiores problemas da abordagem serial estão os numerosos retrabalhos e conseqüentemente um projeto mais caro, pobre para responder às mudanças tecnológicas ou de mercado e excessivamente longo. Uma alternativa a esta abordagem é a conduzir o projeto de forma mais integrada. Esta abordagem recebe os mais variados nomes. Em alguns círculos recebe o nome de abordagem de sobreposição (*Overlapping*) devido ao fato de as etapas se sobreporem. Outros termos também utilizados são da Engenharia Concomitante (*Concurrent Engineering*) ou ainda Engenharia Simultânea (*Simultaneous Engineering*). (ETTLIE E STOLL, 1990).

Takeuchi e Nonaka (1986) afirmam que os times devem parar de praticar a corrida de bastão para praticar o *rugby* fazendo, assim, alusão à característica de integração entre os membros que é imprescindível para esta última prática. Segundo os autores, cada vez mais companhias japonesas e dos EUA estão utilizando uma abordagem mais integrada. Tal abordagem requer algumas práticas como a de desenvolver sob instabilidade e pressão, times que se auto organizam, estágios do desenvolvimento sobrepostos, aprendizagem entre as funções, controle flexibilizado e a possibilidade de criar um “feedback” de aprendizagem que fica para outros times.

É interessante notar que a Engenharia Simultânea deve ser concebida como uma filosofia de gestão de projetos que congrega estas experiências e elementos todos. Desde a cultura e filosofia de gestão enxuta da produção e qualidade com a estrutura organizacional disposta matricialmente onde os profissionais sentem-se integrados e desenvolvem cultura de trabalho em grupo e, é claro, sob a influência e coordenação de um líder experiente, forte que não só estimula o time mas, em momentos decisivos, busca sempre uma boa solução. Além disto tudo, há uma série de práticas, técnicas e tecnologias que devem dar suporte ao trabalho do time, tornando-o mais compreensivo através da possibilidade da obtenção e troca das informações mais importantes.

Muito se tem questionado sobre a o emprego e a eficiência da Engenharia Simultânea. Dúvidas a respeito da sua eficácia ou em que situações ou tipos de ambientes de negócios ela

seria mais adequada ou ainda qual os níveis de sobreposição das etapas ou de emprego da tecnologia de informação estão entre as principais motivações para uma série de pesquisas tanto de exploração em campo quanto de natureza mais preditiva utilizando métodos de simulação ou dedução matemática. Tais pesquisas têm trazido contribuições para um melhor entendimento de como estes fatores todos se relacionam e, mais principalmente, como influenciam o custo e o tempo do desenvolvimento do projeto assim como o custo e a qualidade do produto.

Clark e Fujimoto (1991) encontraram, através de uma análise regressão, uma relação inversa entre o nível de sobreposição/integração entre as atividades de engenharia de produto e engenharia de processos e o tempo de desenvolvimento dos projetos de algumas empresas automobilísticas no Japão, EUA e Europa. As empresas japonesas formavam um cluster de maiores índices de sobreposição das atividades e menores *time to market* enquanto as empresas dos EUA e da Europa apareciam num outro cluster com níveis menores de sobreposição e maiores *time to market*. Além disto, os autores também encontraram relações, agora positivas, entre os níveis de qualidade do produto e os índices de sobreposição e integração entre as atividades de desenvolvimento do produto e do processo e, também destes últimos em relação à produtividade dos recursos utilizados em todo o processo de desenvolvimento.

Hull *et al.* (1996) conduziram uma pesquisa com 74 empresas (dentre as “Fortune 500”) a fim de conseguir testar algumas hipóteses sobre a influência das principais práticas e técnicas adotadas na engenharia simultânea sobre a efetiva redução do custo e do tempo de desenvolvimento. As técnicas pesquisadas foram (1) integração simultânea logo cedo, (2) controle de configuração e (3) uso de tecnologia de informação. De posse dos resultados de regressões para explicar os desempenhos do custo e do tempo de desenvolvimento, os autores concluem que os três fatores influenciam (significativamente) positivamente o desempenho e capturaram também a existência de algumas interações entre os fatores, isto é, o efeito da integração logo cedo é maior sobre o desempenho quando o nível de controle de configuração e o emprego de tecnologias de informação são maiores.

Terwiesch & Loch (1999) desenvolveram uma pesquisa de campo com 102 empresas do setor de eletrônica com o objetivo de pesquisar a eficiência da sobreposição das etapas como forma de redução do tempo de desenvolvimento. Depois de dividir a amostra em projetos que apresentaram rápida resolução de incertezas e os que apresentaram baixo nível de resolução de problemas os autores constataram, através da utilização de regressões, ser a sobreposição de etapas eficaz somente para a parte da amostra onde os projetos apresentaram alta habilidade para resolução de problemas. No outro grupo, onde a resolução de problemas foi mais lenta, a quantidade de testes realizados parece ser eficaz na redução do tempo de projeto. Smith e Eppinger (1997) estudaram a estrutura de autovalores e autovetores linearmente independentes de uma matriz (DSM – *Design Structure Matrix*) com as interrelações entre as várias etapas em termos de probabilidades de retrabalho numa etapa desencadeado por outra. Os autovalores estão diretamente relacionados ao tempo gasto com a execução do conjunto de etapas muito interrelacionadas, presentes no autovetor correspondente. Assim, os autores sugerem uma atenção maior com a gestão das etapas contidas no autovetor correspondente ao maior autovalor, como acelerar as iterações dentro deste grupo de atividades. Sugerem, pois, maiores investimentos em testes e tecnologias de informação além da co-localização das equipes relacionadas a estas atividades.

Kruglianskas (1995) desenvolveu uma pesquisa, junto a 80 empresas brasileiras com estratégias notadamente inovativas, com o objetivo de analisar o cenário de conhecimento e aplicabilidade da Engenharia Simultânea e suas técnicas correlatas por parte de empresas brasileiras. Com base nos dados obtidos, o autor distinguiu, dois grupos de técnicas: um com as mais conhecidas e empregadas técnicas e outro com aquelas menos conhecidas e empregadas.

No primeiro grupo, destacaram-se TQM (*Total Quality Management*), Melhoria Contínua, Diagrama de Espinha de Peixe (Ishikawa), CAD e Controle Estatístico do Processo, enquanto Projeto por Tolerância, Projeto por Parâmetros, Projeto de Experimentos de Taguchi, Função Perda e Relação Sinal-Ruído seriam as técnicas menos conhecidas e menos empregadas.

A abordagem tradicional de desenvolvimento é a de total separação entre a fase do conceito e a implementação que só começa quando as especificações estiverem todas congeladas. A idéia é a de que um bom projeto é aquele totalmente focalizado, isto é, com as necessidades dos consumidores bem definidas e tecnologias viáveis. O bom projeto é aquele onde há mínimas mudanças após a aprovação do conceito/congelamento. Tal abordagem parece ter grande aplicação em ambientes onde a tecnologia, atributos, desempenhos do produto e níveis de competição são bastante previsíveis. Porém, quando o ambiente é turbulento e dinâmico, faz-se necessário com que se consiga mover o ponto de congelamento das especificações para o mais próximo do lançamento do produto possível, sendo que a empresa tem de desenvolver habilidades de caminhar com a implementação do projeto do produto, sem antes ter fechado por completo a fase de conceito. IANSITI (1995).

A Engenharia Simultânea mostrou-se adequada e eficiente para encurtar o tempo de projeto, sobretudo para aqueles de menores níveis de complexidade, incertezas técnicas e em ambientes de negócios menos dinâmicos e competitivos. Contudo esta solução tradicional parece perder sua força diante de projetos mais complexos e que enfrentam ambientes de negócios mais dinâmicos onde padrões e conceitos tecnológicos e de mercado se alteram com maior frequência. Nestas condições, desenvolver sobrepondo tarefas continua sendo uma condição necessária, mas não mais suficiente. A equipe precisa desenvolver nova competência: a de conduzir o desenvolvimento simultaneamente de várias alternativas em paralelo e, não somente uma como na abordagem tradicional de Engenharia Simultânea.

Foi o que Ward *et al.* (1995) descobriram quando pesquisaram o processo de desenvolvimento de novos produtos da Toyota.

### **2.3 Engenharia Simultânea Baseada em Conjunto de Alternativas.**

Ward *et al.* (1995) acreditaram estar diante de um paradoxo em relação aos preceitos da Engenharia Simultânea quando pesquisaram o processo de desenvolvimento de novos produtos da Toyota. A organização não apresentava times co-localizados nem dedicados além de pouca comunicação direta entre os participantes do time. Enquanto o congelamento logo cedo das especificações como forma de se conseguir um processo mais rápido e sem confusão e a construção de poucos protótipos eram tidos como paradigmas da engenharia simultânea, os engenheiros e administradores da Toyota atrasavam suas decisões além de se utilizarem de muitos protótipos. Na mesma linha, caminham seus principais fornecedores. O que tornava a situação um tanto paradoxal era o fato de a Toyota apresentar bons resultados com tal cultura. O paradoxo estava no fato de atrasando decisões, usando comunicação “ambígua” e desenvolvendo um número excessivo de protótipos, a Toyota conseguir projetar carros mais rápido, melhores e mais baratos. (WARD *et al.*, 1995). Os autores perceberam que as técnicas empregadas pela Toyota se aproximavam do que Ward & Seering (1989), *apud* Ward *et al.* (1995), definiram de Engenharia Simultânea Baseada em Conjunto de Alternativas (*Set-Based Concurrent Engineering*). Os autores denominam a abordagem tradicional onde o desenvolvimento é conduzido sempre com uma alternativa única, ainda que com a possibilidade de sobreposição das etapas, de Engenharia Simultânea Ponto-a-Ponto (*Point-Based Concurrent Engineering*).

Como a comunicação era feita através de um conjunto de alternativas viáveis simultaneamente em relação a todos os subsistemas ou funções do automóvel, cada uma destas sub-equipes poderia trabalhar com a garantia de que não veria seu trabalho refeito: a convergência é feita pelo estreitamento de um conjunto viável, obtido da intersecção entre os

vários conjuntos viáveis de cada um dos subsistemas. Desta forma, elimina-se em muito as necessidades de co-localização do time e também das necessidades de freqüentes reuniões como formas de aceleração das iterações, características muito encontradas na abordagem tradicional da Engenharia Simultânea.

A abordagem baseada em conjunto de alternativas é assim denominada pelo fato de a equipe conduzir o processo sem definir um conceito inicial, mas sim vários. A resolução de incertezas técnicas e/ou de mercado se dá por meio de um processo de convergência e não iterativo como ocorre na abordagem tradicional ponto-a-ponto de Engenharia Simultânea. Conforme conhecimentos ou informações obtidos em testes vão chegando, a equipe vai eliminando as alternativas que se apresentam menos viáveis do ponto de vista técnico/mercadológico.

A Engenharia Simultânea Ponto-a-Ponto parece apresentar uma certa dificuldade de lidar adequadamente quando os problemas de interrelações (incertezas) técnicas os vários subsistemas de um produto são maiores. Tais relações não são totalmente conhecidas pela equipe quando se trata de empregos de novos materiais ou novas tecnologias de montagem/fabricação ou ainda quanto à resistência e também à intensidade das cargas a que o produto estará sujeito. Além disto, muitas vezes o mercado consumidor pode apresentar mudanças nas intenções de consumo com relação a vários atributos do produto num espaço de tempo reduzido forçando, muitas vezes, a equipe de projeto realizar um enorme esforço para remodelar tais atributos. Estas incertezas todas, se em grande escala, podem diminuir o ganho que se poderia ter em termos de *time to market* se não houver medidas que diminuam tais incertezas ou criem uma proteção contra elas.

A gestão pelo *Set-Based* é mais cara em termos de recursos humanos e de capital pelo menos nos estágios iniciais do desenvolvimento, e requer maiores competências do time. Mas o time pode ter grandes benefícios como ganhar habilidade para se trabalhar em paralelo, maiores níveis de absorção de aprendizado, comunicação mais rica, otimização de sistemas e aprendizado sobre as alternativas. Tais benefícios podem aumentar significativamente as competências do time em desenvolvimento de produtos ao mesmo tempo que reduz os custos em alterações no projeto da manufatura o que leva a um sistema mais barato e mais eficiente como um todo. A gestão pelo *Set-Based* parece ser mais adequado a problemas mais complexos, onde o processo é menos conhecido e se necessita criar ou buscar conhecimento e aprendizagem, enquanto a gestão pelo *Point-Based* parece se dar melhor em processos mais estáveis ou em ambientes de tecnologias conhecidas onde a busca por novas informações e conhecimento não se faz muito necessário. (SOBEK,1997).

### **3 Catálogo de Aspectos Diferenciadores das duas Abordagens de Engenharia Simultânea: *Point-Based* e *Set-Based*.**

São muitos os aspectos ou características de projeto em que podemos observar diferenças entre os conceitos, filosofias e aplicações das duas estratégias pesquisadas de gestão da Engenharia Simultânea e, que podem servir para criar uma melhor discriminação entre elas duas. Buscamos identificá-los, com base na revisão da literatura, apresentada na seção 2, de forma a criar um catálogo capaz de explicitar as principais diferenças entre as duas estratégias: *Set-Based* e *Point-Based*.

De início, podemos citar o processo de seleção de alternativas possíveis para dar início ao processo de desenvolvimento é um aspecto que apresenta-se de formas diferentes segundo as duas abordagens da engenharia simultânea. O *Set-Based* seleciona um conjunto de alternativas e o conduz durante o processo de desenvolvimento. No caso da Toyota, SOBEK (1997) afirma que as são escolhidas depois de uma boa pesquisa, conduzida pelo *chief engineer* (líder peso pesado do time) sobre as necessidades dos consumidores além de *feedbacks* em relação ao desempenho do último produto lançado no mercado.



Posteriormente, cada departamento ou função da empresa busca um conjunto de alternativas viáveis, do ponto de vista técnico, para o respectivo sub-sistema. Tal busca é feita em cima do “check-list” que contém as experiências e o aprendizado passados em relação àquele sub-sistema. O desenvolvimento é conduzido sobre a intersecção dos conjuntos viáveis de cada um dos sub-sistemas. Em sua pesquisa realizada na Chrysler, Sobek (1997) encontrou um processo de levantamento de alternativas que privilegia a criatividade e a integração das várias equipes do projeto. No entanto, tão logo se tem algumas alternativas em mãos, já é feita a escolha pela condução de uma delas, aquela que aparenta satisfazer e preencher a maior parte dos requisitos de projeto. O autor cita o método de seleção de alternativas desenvolvido por Pugh (1991) como uma das ferramentas mais utilizadas no momento da escolha do conceito a ser desenvolvido. O Quadro 3.1 abaixo nos apresenta as diferenças entre as duas estratégias com relação à seleção de alternativas iniciais para o conceito do produto.

	SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS P/ CONCEITO	
	PROCESSO DE SELEÇÃO	IDÉIAS CONTEMPLADAS (CRITÉRIO DE DECISÃO)
PONTO-A-PONTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais Descentralizado</li> <li>• <i>Brainstorming</i> e Criatividade</li> <li>• Geração de Várias Idéias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Focado em Única Idéia</li> <li>• Decisão baseada em Critérios como Matriz de Pugh (1991)</li> </ul>
<i>Set-Based</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais Centralizado no <i>Chief Engineer</i></li> <li>• <i>Check-List</i> - Experiências</li> <li>• Várias Idéias Viáveis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleção de Várias Idéias</li> <li>• Intersecção dos Conjuntos Viáveis</li> <li>• Idéia Conservadora com outras não Correlacionadas</li> </ul>

**Quadro 3.1:** Aspectos da Seleção Inicial de Alternativas nas duas Estratégias de Engenharia Simultânea.

Talvez o principal aspecto do projeto que diferencia melhor as filosofias das duas estratégias de Engenharia Simultânea seja aquele relacionado à forma de condução ou busca do conceito que o produto deva ter. Enquanto o *Point-Based* conduz o processo de desenvolvimento sobre uma única alternativa de conceito buscando melhorá-la ao longo das etapas e com a chegada de informações, o *Set-Based* conduz o processo com várias alternativas, todas viáveis a princípio, de sorte a convergir para aquela que se mostrar mais apropriada dos pontos de vistas técnico e de mercado, como encontrado em Sobek(1997). O Quadro 3.2 abaixo sintetiza tais diferenças entre as duas estratégias.

	PROCESSO DE CONVERGÊNCIA	
	CONJUNTO VIÁVEL	IDÉIA ESCOLHIDA
PONTO-A-PONTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos direcionado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais direcionado</li> <li>• Melhorias Incrementais, com iterações ao longo do Processo</li> </ul>
<i>Set-Based</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais direcionado</li> <li>• Mais Informações e Análises</li> <li>• Eliminação de idéias menos Viáveis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos direcionado</li> </ul>

**Quadro 3.2:** Aspectos do Processo de Convergência (Busca do Conceito Ótimo) nas duas estratégias da Engenharia Simultânea.

Outra característica ou aspecto importante de projeto, que pode ser destacado na literatura, e que permite enxergar diferença conceitual na aplicação de cada uma das duas estratégias está relacionado ao momento do congelamento das especificações juntamente com o tipo e a qualidade da comunicação utilizada entre os membros do time. O *Point-Based* se utiliza de uma política de comunicação precisa devido à tendência de um congelamento mais cedo das especificações, enquanto o *Set-Based* procura praticar um congelamento mais tardio empregando, assim, um tipo de comunicação se menos preciso, porém de maior estabilidade e confiança ao longo do processo. O Quadro 3.3 abaixo apresenta os contrastes entre as duas estratégias sob os aspectos do congelamento e comunicação.

	ASPECTOS DE	
	CONGELAMENTO	COMUNICAÇÃO
PONTO-A-PONTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Cedo Para Evitar Confusão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior Precisão, + Freqüente e Oral</li> <li>• Time Co-Localizado</li> <li>• Necessidade de Integração e Controle</li> </ul>
<i>Set-Based</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Mais Tarde para Aproveitar Oportunidades Técnicas e de Mercado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais Estável, segura e Escrita</li> <li>• Menor Freqüência de Reuniões</li> <li>• Time não Co-Localizado</li> <li>• Menor Necessidade de Controle</li> </ul>

**Quadro 3.3:** Aspectos do Congelamento e Comunicação Empregados pelas duas estratégias de Engenharia Simultânea.

A busca pelo desempenho ótimo de um sistema constituído de dois componentes que trabalham integrados e, que se interrelacionam do ponto de vista técnico, é um outro aspecto de projeto que deve ser levado em consideração, já que as duas abordagens se utilizam de táticas diferentes para obtê-lo. O *Set-Based* busca encontrar um ótimo global através do mapeamento do desempenho do sistema todo através de várias combinações de testes com vários protótipos dos componentes envolvidos (para representar boa parte do conjunto de alternativas de cada componente) com a ajuda de algumas extrapolações quando necessário. Tais protótipos são construídos justamente para esta finalidade. O *Point-Based*, ainda que de forma integrada, busca ótimos separados para cada sub-sistema, sendo que os protótipos entram numa fase mais adiante e numa concepção de modelo ou para provar a suposta integridade do projeto. O Quadro 3.4 abaixo aponta os principais pontos de diferenças nas políticas de busca pelo desempenho ótimo de um sistema, composto por vários componentes que se interrelacionam, além daqueles referentes às diferenças nas concepções de prototipização encontradas na literatura sobre as duas estratégias *Set-Based* e *Point-Based*.

	POLÍTICA DE PESQUISA DE DESEMPENHOS EM SISTEMAS	
	BUSCA PELO ÓTIMO	EMPREGO DE PROTÓTIPOS
PONTO-A-PONTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direcionada aos Ótimos de Cada Sub-Sistema Separadamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• + Tarde, Concepção de Modelo</li> <li>• Provar Integridade do Projeto</li> </ul>
<i>Set-Based</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direcionada ao Ótimo Global, Buscando Mapear o Desempenho do Sistema no Espaço de Projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• + Cedo e Maior Quantidade</li> <li>• Testes de Desempenho</li> <li>• Mapear Desempenho no Espaço de Projeto</li> </ul>

**Quadro 3.4:** Aspectos da Busca pelo Desempenho Ótimo de um Sistema e da Concepção e Uso de Protótipos nas duas Estratégias de Engenharia Simultânea.

Último grupo de aspectos encontrados na literatura, como em Ward et al.(1995), Sobek(1997), Clark e Wheelwright (1993), está associado às condições do ambiente de negócios, se mais ou menos dinâmicos ou competitivos e também às condições próprias do projeto. São aspectos bastante importantes para a tentativa de distinção entre as duas estratégias estudadas de Engenharia Simultânea. O Quadro 3.5 abaixo nos apresenta as aplicabilidades do *Set-Based* e *Point-Based* conforme tais aspectos mencionados acima.

	APLICABILIDADE DE CADA UMA DAS ESTRATÉGIAS	
	CONDIÇÕES DO AMBIENTE DE NEGÓCIOS	CONDIÇÕES DO PROJETO
PONTO-A-PONTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercados Consumidores Menos Incertos e Exigentes</li> <li>• Mercados Menos Dinâmicos para novos produtos e tecnologias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixos Níveis de Incerteza e Complexidade Técnicas.</li> <li>• Conceito inicial com altas chances de sucesso</li> <li>• Menos Inovativos</li> </ul>
<i>Set-Based</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercados Consumidores Mais Incertos e Mais Exigentes</li> <li>• Mercados Mais Dinâmicos em Relação a Novos Produtos e Tecnologias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maiores Níveis de Incerteza e Complexidade Técnicas.</li> <li>• Alternativas com - Chances de Sucesso</li> <li>• Mais Inovativos</li> </ul>

**Quadro 3.5:** Aspectos das Condições de Competitividade do Ambiente de Negócios e do próprio projeto e associações com as duas estratégias de Engenharia Simultânea.

#### 4 Conclusões, Contribuições e Sugestões para Trabalhos Futuros.

Esta pesquisa resumiu e evidenciou os principais aspectos que diferenciam as duas estratégias de Engenharia Simultânea: o *Point-Based* e o *Set-Based*. Com base numa revisão da literatura, foram destacados os elementos que mais caracterizam cada uma das duas estratégias colaborando, assim, com uma tentativa de distinção mais evidente das duas estratégias. Tais distinções trazem uma contribuição à literatura no sentido de que nos possibilitam ter, agora, uma visão mais enxuta e clara das atuações ou aplicabilidades de cada uma das duas estratégias.

Analisando mais detidamente o catálogo poderíamos, agora, traçar uma melhor figura da Engenharia Simultânea como sendo uma estratégia mais rica, isto é, uma estratégia superior de gestão do desenvolvimento no sentido de que busca explorar mais e melhor o espaço de projeto para encontrar soluções robustas e garantindo, assim uma certa proteção ao projeto em relação às incertezas técnicas e mercadológicas. Além disto e pelo fato de conduzir muitas alternativas e desenvolver vários protótipos para avaliação de desempenhos, o *Set-Based* consegue acumular um grande volume de conhecimento e aprendizado para os próximos projetos. Contudo, trata-se (*Set-Based*) de uma estratégia naturalmente mais cara e, certamente, apresenta maiores dificuldades para execução por parte de equipes menos maduras de desenvolvimento.

De posse do catálogo elaborado neste trabalho poderíamos, com o intuito de sugerir trabalhos futuros, tentar compreender ou classificar, através de uma pesquisa de campo, a natureza da estratégia de gestão do processo de desenvolvimento que algumas organizações empregam, com o auxílio do catálogo.

#### Referências Bibliográficas.

BOLWIJN, P. T.; KUMPE, T. (1990) “Manufacturing in the 1990s – Productivity, Flexibility and Innovation”. *Lang Range Plannig*, 23, 4, p. 44-57.

- CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. (1991) *Product Development Performance*. Harvard Business School Press.
- CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. (1993) *Revolutionizing Product Development*. The Free Press. New York.
- ETTLIE, J. E.; STOLL, H. W. (1990) *Managing the design-Manufacturing Process*. McGraw-Hill Inc.
- HULL, F. M. *et al.* (1996) “Composite Forms of Organization as a Strategy for Concurrent Engineering Effectiveness”. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 43, 2, p. 133-142.
- IANSITI, M. (1995) “Shooting The Rapids: Managing Product Development In Turbulent Environments”. *California Management Review* 38, 1 (Fall), p. 37-58.
- KRUGLIANSKAS, I. (1995) Engenharia Simultânea e técnicas associadas em empresas tecnicamente dinâmicas. *Revista de Administração da USP (RAUSP)*, v. 30, n. 2. (Abr/Jun).
- PUGH, S. (1991) *Total Design*. Addison-Wesley Publishers,. Massachussets.
- SMITH, R. P.; EPPINGER, S. D. (1997) “Identifying Controlling Features of Engineering Design Iteration”. *Management Science* 43, 3 (March), p. 276-293.
- SOBEK, D. K.II (1997) *Principles that Shape Product Development Systems: A Toyota-Chrysler Comparison*. Michigan. PhD Dissertation.
- SYAN, C. S.; MENON, U. (1994) *Concurrent Engineering: concepts, implementation and practice*. Chapman &Hall. London.
- TAKEUCHI, H.; NONAKA, I. (1986) “The new new development game”. *Harvard Business Review*, (Jan-Feb), p. 137-146.
- TERWIESCH, C.; LOCH, C. H. (1999) “Measuring the Effectiveness of Overlapping Development Activities”. *Management Science*, 45, 4 (April), p. 455-465.
- WARD, A. *et al.* (1995) “The second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster”. *Sloan Management Review*, 36 (Spring), p. 43-61.
- WARD, A; SEERING, W (1989) "Quantitative Inference in a Mechanical Design Compiler" (Montreal: Proceedings of the First International ASME Conference on Design Theory and Methodology, September 1989), p. 89-97, apud WARD, A. *et al.* (1995) “The second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster”. *Sloan Management Review*, 36 (Spring), p. 43-61.
- WOMACK, J. P. *et al.* (1992) *A Máquina que Mudou o Mundo*. Editora Campus.