

## Fundamentos do design for six sigma

Rodrigo Francisco Prata (UNIFEI) [rprata@psgbr.jnj.com](mailto:rprata@psgbr.jnj.com)

Tatiana Fernandes (UNIFEI) [tatiana@fastec.com.br](mailto:tatiana@fastec.com.br)

Carlos Eduardo Sanches da Silva (UNIFEI) [sanches@unifei.edu.br](mailto:sanches@unifei.edu.br)

João Batista Turrioni (UNIFEI) [turrioni@unifei.edu.br](mailto:turrioni@unifei.edu.br)

*Este trabalho apresenta o quê é a metodologia DFSS (Design for Six Sigma) explicitando onde esta metodologia deve ser aplicada, quais são suas etapas de desenvolvimento, dando ênfase na maneira como cada etapa deve ser dirigida, e quais as principais ferramentas que devem ser utilizadas em cada etapa do desenvolvimento. Além disso, o trabalho descreve as principais vantagens e dificuldades de se adotar esta metodologia e também os ganhos para a empresa no caso da implementação bem sucedida.*

Palavras chaves: DFSS; DMADV; Cultura Probabilista

### 1 - Introdução

Ao lado do planejamento gerencial e da melhoria de processos/produto/serviço, o desenvolvimento de produtos é uma das três atividades vitais de qualquer empresa disposta a perdurar no mercado (Araújo e outros, 2001). Adler, Mandelbaum, Nguyen e Schwerer (1996) chegam a ousar afirmando que o produto que está sendo desenvolvido hoje é que determinará o grau de êxito (ou fracasso) que a empresa terá amanhã. Afinal de contas, o que pode ser feito nas fases de manufatura e marketing depende grandemente da forma como foi concebido o produto e de como foram configuradas as tecnologias que o implementam. O momento ideal para garantir um produto inovador, de alto desempenho, máxima qualidade e mínimo custo, e tudo isto com mínimo esforço relativo, é no ciclo de desenvolvimento, em suas etapas de concepção, projeto, protótipo e validação.

A maioria das empresas aloca a maior parte dos esforços de melhoria não no ciclo de desenvolvimento, mas sim na fase de manufatura, que é quando o projeto do produto e do processo já está congelado, e relativamente muito pouco pode ser feito de maneira eficaz.

Hoje a mentalidade preventiva já é muito conhecida, mas, ao invés das empresas buscarem identificar e eliminar problemas potenciais desde as etapas iniciais do desenvolvimento, estas se contentam em simplesmente reagir aos problemas que "aparecem" muito mais tarde na produção e no campo.

Muitas empresas tentam detectar os problemas potenciais e evitar que tais ocorram durante a execução. Porém, a maioria tenta fazê-lo a partir de uma abordagem equivocada, herdada do seis sigma para processos e fundamentada na estatística, a qual, porém, tem aplicação muito limitada no ambiente de desenvolvimento de produto. O Design for six sigma (DFSS) é uma alternativa para isto, pois é uma abordagem para desenvolvimento de produtos que integra métodos analíticos eficazes para assegurar que o projeto seja: orientado para o cliente, inovador, robusto contra as causas de variação e de mínimo custo total (Mader, 2003). A essência do DFSS é prever a qualidade do projeto e direcionar a medição da qualidade e a melhoria da previsibilidade durante as primeiras fases do projeto – uma forma mais eficiente e menos custosa para conseguir a qualidade seis sigma do que tentar consertar os problemas mais adiante. Muitas empresas que adotaram o seis sigma afirmam: “DFSS é a mudança na organização do projeto do produto de uma cultura determinista para uma cultura probabilista”.

Para Feo e Bar-El (2002) o DFSS é focado em criar novos projetos com os mais altos níveis de performance, para isto:

- Antecipa as necessidades do cliente;
- Prevê a qualidade do produto/processo/serviço desde o início do projeto;
- Orienta o desenvolvimento do projeto para uma capacidade seis sigma, isto é, com o menor nível de defeito possível;
- O projeto é desenvolvido por uma equipe multifuncional;
- Possibilita medir a qualidade e prever melhoras no projeto nas fases iniciais;
- Utiliza a capacidade do processo para as tomadas de decisões finais;
- Monitora as variações do produto/processo/serviço para verificar se os requisitos estabelecidos pelo cliente foram atingidos.

Atualmente existem relatos da aplicação do DFSS em empresas como GE e Motorola, mas pouca literatura científica é encontrada (Mader, 2003; Feo e Bar-El, 2002). Neste contexto este artigo busca através de uma revisão bibliográfica descrever os fundamentos do DFSS.

## 2. Metodologia

Quando a maioria das pessoas refere-se ao seis sigma estão na verdade referindo-se a metodologia DMAIC. Esta metodologia deve ser usada quando um produto ou processo que já existe na empresa, está em desacordo com as especificações do cliente ou o desempenho do processo não está adequado. A metodologia DMAIC é reconhecida e constituída das cinco fases seguintes: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (Simon, 2003).

O DFSS também é uma metodologia baseada em ferramentas analíticas que fornecem aos usuários a capacidade de prevenir e prever defeitos no projeto de um produto, serviço ou processo. Igualmente ao DMAIC, no DFSS é necessário seguir etapas analíticas, que estão inseridas nas seguintes fases: Definir, Medir, Analisar, Desenhar/Projetar e Verificar/Validar. A figura 1 ilustra a diferença existente entre as duas metodologias.

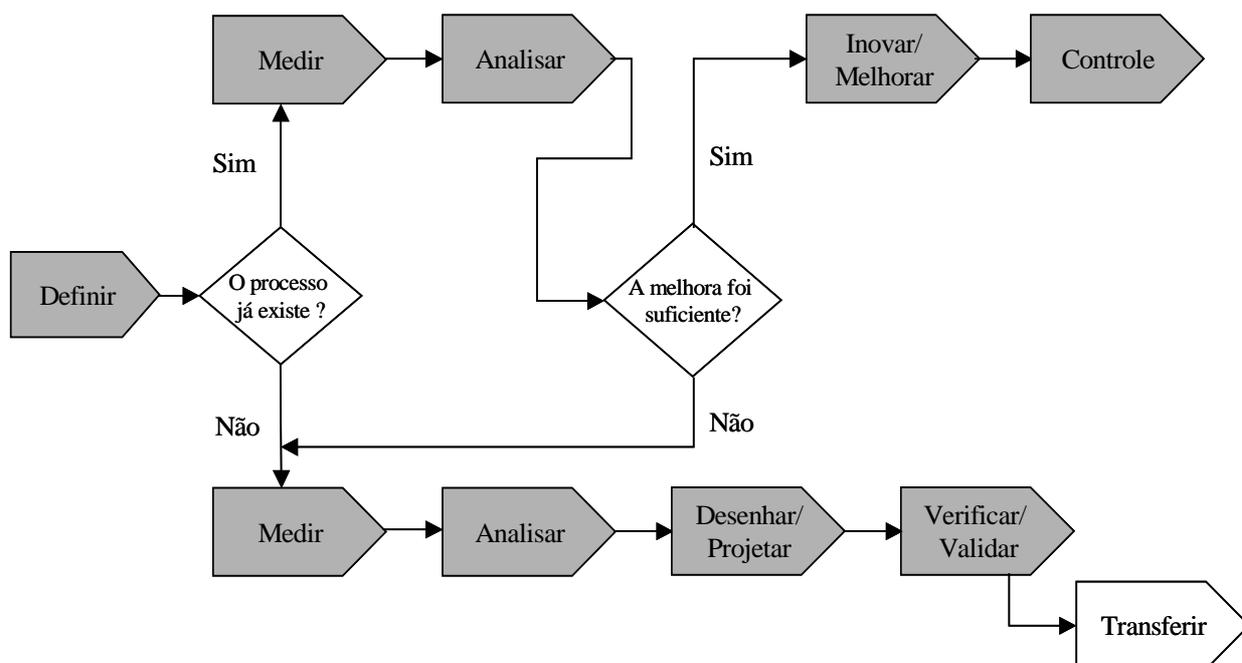


Figura 1 – DMAIC versus DMADV.

No DFSS as etapas analíticas são definidas por Mader (2003) como:

- **Definir:** Esta fase atribui o tom a todo o projeto, estabelecendo metas, charter e infraestrutura. As atividades desta fase são compartilhadas entre administração e o time responsável pelo projeto. A administração define os projetos, mas estes são escolhidos de acordo com a estratégia global dos negócios e selecionados baseados no impacto positivo gerado pelos resultados. Nesta etapa se define segmentos e necessidades dos clientes, requisitos funcionais do produto, identificam parâmetros críticos e benchmarks.

Durante esta fase as seguintes ferramentas podem ser utilizadas:

- Voice of the customer (VOC – voz do cliente): sintetiza, detalha e estrutura os parâmetros de satisfação dos clientes; realiza um benchmarking competitivo, sob a ótica do cliente e prioriza os esforços de melhoria e inovação, a partir da visão do mercado.
  - Análise de valor (AV): estrutura todas as funções técnicas realizadas pelo produto; quantifica a relação custo/benefício (valor) para cada função; prioriza ações para inovação e aumento do valor, além de reduzir custo sem prejuízo da funcionalidade.
  - Quality function deployment (QFD – Desdobramento da função qualidade): Assegura que a voz do cliente (e não a voz do engenheiro ou a voz do executivo) seja priorizada e desdobrada consistentemente desde o conceito até a manufatura.
- **Medir:** Esta fase identifica as necessidades do cliente e determina os pontos críticos para a qualidade do produto/processo/serviço (CTQ – Critical-to-quality). Além disso, define os requisitos necessários para o sucesso do projeto. Estes pontos são definidos através de consultas em especificações e requisitos determinados pelos padrões da empresa responsável pelo produto/processo/serviço. Ainda nesta fase são criados indicadores para demonstrar a evolução do projeto e prever qual o nível de defeito que o produto final poderá apresentar após a fase de validação do projeto.

Durante esta fase as seguintes ferramentas podem ser utilizadas:

- SIPOC (S-suppliers, I-inputs, P-process, O-outputs e C-customers): esta ferramenta pode ser usada pelo time do projeto para identificar todos os elementos relevantes do projeto antes do desenvolvimento começar. Permite definir a complexidade do projeto ainda que suas etapas não estejam bem definidas.
  - Theory of inventive problem solving (I-TRIZ-Teoria da resolução de problemas inventivos): é uma metodologia altamente estruturada que estimula o pensamento inovador enquanto os usuários realizam passo a passo através de um processo sistemático designado para ajudá-los a resolver os problemas difíceis.
  - Matriz de priorização: Assegura julgamento criterioso ao comparar e priorizar diferentes conceitos alternativos para o produto; permitem combinar em um único conceito com maior índice de criticidade os aspectos positivos de outros conceitos.
- **Analisar:** nesta fase um projeto é selecionado entre várias alternativas, seguido do desenvolvimento das necessidades do projeto em contraste com os detalhes do projeto a ser otimizado. Após a seleção do projeto o time responsável desenvolve várias opções de alto nível para obtenção do produto, e a opção mais adequada é escolhida. Nesta fase, deve-se analisar os pontos críticos para a qualidade e os dados obtidos no benchmarking, identificando a necessidade de alteração dos mesmos.

Durante esta fase as seguintes ferramentas podem ser utilizadas:

- Failure mode & effects analysis (FMEA – Análise dos modos de falha): com base no conhecimento adquirido até esta etapa do projeto, antecipa problemas potenciais conhecidos e prioriza o risco associado aos mesmos e direciona esforços preventivos para melhoria do projeto.
- Design of experiments (DOE – Delineamento de experimentos): é uma abordagem para uma análise eficiente e eficaz da relação causa e efeito entre numerosas variáveis de processo e o produto, ou as variáveis de desempenho do processo. Esta metodologia identifica as fontes vitais de variação (aquelas que tem o maior impacto nos resultados), quantifica os efeitos das variáveis importantes incluindo suas interações. O DOE produz uma equação que quantifica a relação entre as variáveis de processo e as possíveis variações do produto. Esta equação pode ser usada para prever qual será o ganho ou perda que as modificações das condições no processo resultarão.
- **Desenhar/Projetar:** esta fase constrói detalhadamente o projeto definido na fase *Analisar* para obter um desenho funcional ótimo que vai de encontro com os requisitos de manufatura e serviços. Nesta fase avalia-se o desempenho do projeto através de simulações com protótipos/pilotos, permitindo a identificação das fases críticas para posterior execução da etapa validar. Também se pode utilizar nesta fase a ferramenta FMEA (Failure Mode Effect Analyzes).

Durante esta fase as seguintes ferramentas podem ser utilizadas:

- Robust design (RD – Desenho robusto): otimiza o desempenho da função básica do produto reduzindo a variabilidade em torno do valor ideal, ao mesmo tempo em que reduz custo; aumenta a eficiência na transformação de energia realizada pelo produto, ao mesmo tempo em que elimina pela raiz diferentes tipos de problema (até mesmo os desconhecidos, que nunca aconteceram antes).
- Tolerance Design (TD – Projeto de tolerâncias): ferramenta utilizada após a RD, permite identificar quais tolerâncias críticas devem ser controladas com mínimo aumento de custo, ao mesmo tempo em que identifica quais tolerâncias podem ser afrouxadas sem o prejuízo da qualidade.
- Verificar/Validar: a proposta desta fase na seqüência DMADV é assegurar que o novo projeto possa ser fabricado e suportado no campo/ambiente de manufatura atendendo os requisitos de qualidade, confiabilidade e custos. Após os testes de verificação e produção dos lotes pilotos, o projeto é finalizado e a transferência para a produção em escala normal ocorre para ressaltar algum problema potencial e posterior correção. Nesta etapa podem ser utilizadas as ferramentas QFD e ER para validar o desempenho do produto final.

A seleção das ferramentas durante as etapas analíticas, mesmo quando não se tem ainda qualquer dado sobre o produto desejado, é justificada por algumas características comuns que as tornam particularmente útil no ambiente de desenvolvimento de produtos (Krishnan e Ulrich, 2001):

- Seu uso não depende de dados numéricos massivos;
- São verdadeiramente preventivas, pois podem ser usadas: antes dos problemas ocorrerem pela primeira vez, e quando ainda estamos desenvolvendo tecnologia, isto é, antes de serem especificados os requisitos de tolerância para o produto;
- As ferramentas enfocam as necessidades dos clientes e as funções técnicas que as satisfazem;

- Estimulam a criatividade e a inovação;
- Permitem uma revisão mais apurada do projeto.

Torres Jr. e Miyake (2002) complementam ao citarem que cada ferramenta traz uma contribuição única.

### 3. Vantagens da utilização da metodologia DFSS

O DFSS não é um substituto para o "know-how" tecnológico ou experiência do engenheiro, e tampouco substitui um processo estruturado de desenvolvimento. O papel vital do DFSS é apoiar o ciclo de desenvolvimento de modo a aumentar a eficácia na aplicação do "know-how" e melhorar substancialmente o resultado final de qualidade, custo e prazo do processo de desenvolvimento. O DFSS (ou equivalente) deve ter como características:

- Foco no cliente e antecipação de suas necessidades;
- Inovação tecnológica;
- Prevenção de problemas potenciais (tanto os conhecidos como os desconhecidos);
- Decisões críticas tomadas por equipes multifuncionais;
- Foco na otimização do desempenho (redução da variabilidade funcional, indo além do simples atendimento aos requisitos especificados);
- Uso de metodologias integradas.

O quadro 1 mostra que o DFSS é uma evolução em relação a diversos aspectos da abordagem tradicional de engenharia e também do que podemos chamar de engenharia simultânea básica.

	<b>Engenharia Tradicional</b>	<b>Engenharia Simultânea Básica</b>	<b>DFSS</b>
Foco	Interno (especialista)	Externo (cliente)	Externo (cliente)
Estilo	Reativo	Preventivo	Preventivo
Quem	Indivíduo	Equipe	Equipe
Comunicação	Sobre o Muro	Verbal	QFD
Meta	Especificação	Especificação	Organização
Inovação	Ocasional Individual	Ocasional Individual + Equipe	Sistemática Individual + Equipe

Fonte: Moura (2002).

Quadro 1 – DFSS é uma evolução.

A proposta de Moura (2002) de que o DFSS é uma evolução é passível que observações, pois a comunicação através do QFD, a meta impacto na organização e a inovação sistemática são preconizadas na Engenharia Simultânea por Prasad (1998).

Feo e Bar-El (2002) descrevem um estudo realizado pela Força Aérea dos EUA (Figura 2) demonstrou que abordagens preventivas adotadas desde as etapas iniciais do desenvolvimento do produto podem trazer, além de outros benefícios, uma redução de até 50% no tempo de introdução do produto no mercado - uma tremenda vantagem competitiva. Como exemplo, enquanto a maioria das montadoras de automóveis concebe e lança um novo veículo no mercado em cerca de três a quatro anos (tipicamente com vários problemas que acabam atingindo os clientes), a Toyota, que já há várias décadas trabalha com métodos proativos de desenvolvimento, o faz em apenas 18 meses. E recentemente a montadora japonesa comemorou o lançamento de um veículo com zero mudanças de engenharia (alterações de projeto) - um marco histórico!

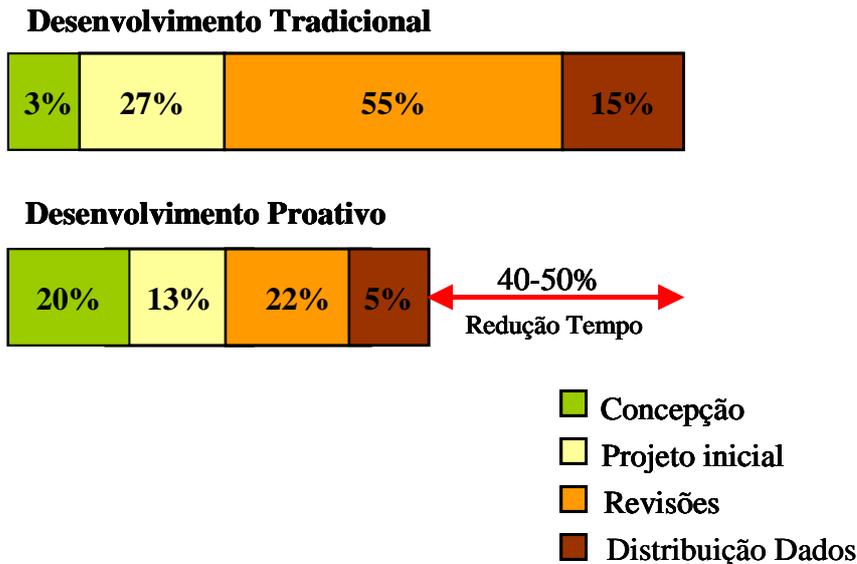


Figura 2 – Resultados do DFSS em uma aplicação no Exército Americano.

#### 4. Desafios à implementação da metodologia DFSS

Dados de empresas que implementaram a metodologia de DFSS na fase de projetos permitem o levantamento de desafios a uma implementação bem-sucedida desta metodologia:

- A análise de projeto probabilista é ensinada em algumas poucas universidades. Assim, as empresas que procuram estabelecer o DFSS como abordagem para o desenvolvimento de produtos acabam descobrindo que devem treinar todas as suas equipes. Simultaneamente, a empresa deve administrar a mudança cultural necessária para tornar o seis sigma a forma como os negócios são conduzidos.
- A implementação continua a ser irregular. Alguns líderes entendem e abraçam o projeto probabilista, enquanto outros continuam a resistir. É preciso que os líderes superem o medo e tornem-se totalmente comprometidos para que o DFSS traga alguma mudança. Muitas vezes, o DFSS é imposto por superiores em vez de ser sugerido pela média gerência. Quando isso acontece, o DFSS é encarado como trabalho e custos adicionais.
- Falta de disciplina. A maioria das organizações descreve a falta de disciplina durante o andamento do projeto uma das principais causas para projetos difíceis de produzir, montar e concluir.
- A abordagem de implementação em fase exige um grande esforço por longo tempo, portanto o resultado da implementação demora em aparecer.

#### 5. Conclusão

Esta breve revisão bibliográfica acerca do DFSS descreve seus fundamentos e permite identificar os elementos que a organização deve ter para implementação da metodologia do DFSS, que são: incorporar o processo de desenvolvimento de produtos como estratégia e o DFSS como meio; selecionar os profissionais mais capacitados e dispostos a conhecer, não só uma nova metodologia, mas sim uma nova cultura de desenvolvimento de produtos; promover mudanças capazes de transformar modelos mentais, tais como: isto é um problema de processo. Se fosse um problema de projeto, todos os produtos falhariam, não?; está dentro

da tolerância. Não há motivo para reclamação do cliente; Boa idéia, mas... não podemos mudar isso: não há mais tempo e vai aumentar o custo.

Portanto, deve-se criar nas organizações dispostas a introduzir o DFSS, um ambiente ideal de desenvolvimento de projetos que tem de passar por um árduo processo que envolve não apenas liderança, mas também a reestruturação de todo o ciclo tradicional de desenvolvimento. É importante lembrar que o DFSS não substitui um processo estruturado de desenvolvimento, mas sim presta um apoio valioso ao mesmo.

O mais importante para a organização, que deseja implementar o DFSS, é mudar a cultura da área de criação da empresa, de determinista para uma cultura probabilista. No entanto, a mudança pode ser um processo doloroso, mas, sem dor não há ganhos”.

Como propostas para continuidade desta pesquisa, recomenda-se: analisar o processo de implementação do DFSS; analisar as contribuições da engenharia simultânea a implementação do DFSS; e analisar a contribuição dos modelos computacionais ao DFSS.

## 6. Referências

ADLER, Paul S., MANDELBAUM, Avi, NGUYEN, Viên, SCHWERER, Elizabeth. **Getting the most out of your product development process**. Harvard Business Review, March-April, 1996, p.134-152.

ARAÚJO, Claudiano Sales, TOLEDO, Leonardo Bastos de, MENDES, Luiz Alberto Gentil. **Modelagem do desenvolvimento de produtos: caso EMBRAER - experiência e lições aprendidas**, CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 3, 2001, Florianópolis. Anais do III CBGDP Florianópolis: SC, 2001.

FEO, Joseph A. de & BAR-EL, Zion. **Creating strategic change more efficiently with a new Design for Six Sigma process**. Journal of Change Management Vol. 3, 1, 60-80, August 2002.

KRISHNAN, V. e ULRICH, K.T. **Product development decisions: a review of the literature**. Management Science, Vol. 47, N° 1, 2001 p. 1-21.

MADER, Douglas P. **DFSS and Your Current Design Process**. Quality Progress Journal, July 2003.

MOURA, Eduardo C. **O desenvolvimento de produtos**. Revista BanasQualidade, Edição 121, Ed. Epse, 2002.

PRASAD, Biren. **How tools and techniques in concurrent engineering contribute towards easing cooperation, creativity and uncertainty**. Concurrent Engineering: Research and Applications, Vol. 6, N° 1, 1998, p. 2-6.

SIMON, Kerri. **What is DFSS**. *Disponível*: <[www.isixsigma.com/library/bio/ksimon.asp](http://www.isixsigma.com/library/bio/ksimon.asp)> acessado em 15/08/2003.

TORRES JR., Noel e MIYAKE, Dario Ikuo. **Proposta de um modelo para a gestão do processo de desenvolvimento de produtos sustentada pela aprendizagem de “Loop Duplo”**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais do XXII ENEGEP. Curitiba-PR, 2002.