

## **Garantia da confiabilidade nas fases de planejamento e desenvolvimento de produtos apoiada por técnicas da qualidade**

**Sílvia Maria Santana Mapa** (Universidade Federal de Itajubá – Brasil) [silvinhamapa@vahoo.com.br](mailto:silvinhamapa@vahoo.com.br)

**Carlos Eduardo Sanches da Silva** (Universidade Federal de Itajubá - Brasil) [sanches@unifei.edu.br](mailto:sanches@unifei.edu.br)

**Carlos Henrique Pereira Mello** (Universidade Federal de Itajubá - Brasil) [carlos.mello@unifei.edu.br](mailto:carlos.mello@unifei.edu.br)

### **Resumo**

*Empresas de manufatura alocam grande quantidade de recursos no projeto de produtos confiáveis e de qualidade. O objetivo deste trabalho é mostrar a importância da confiabilidade de produtos para a competitividade empresarial e abordar a integração de duas ferramentas da qualidade para o gerenciamento da confiabilidade. A interface entre Desdobramento da Função Qualidade (QFD – Quality Function Deployment) e Análise dos Efeitos e Modos de Falhas (FMEA - Failure Mode and Effects Analysis) visa aumentar a confiabilidade dos produtos durante as fases de planejamento e desenvolvimento. A satisfação do cliente é o objetivo principal, sendo que outros objetivos costumam incluir a redução de custos e a obtenção de produtos robustos. É feita uma breve introdução e revisão bibliográfica sobre os conceitos de confiabilidade de sistemas e dos métodos da qualidade, QFD e FMEA. Após, é proposta a integração entre estes métodos para garantia da confiabilidade, levando à conclusão de que, com a prática da integração entre QFD e FMEA, empresas possam superar as deficiências comuns de planejamento da qualidade garantindo confiabilidade dos produtos, requisito este extremamente importante na competitividade e sobrevivência no mundo globalizado.*

*Palavras-chave: Confiabilidade; Desdobramento da função qualidade; Análise dos modos e efeitos de falhas.*

### **1. Introdução**

Empresas de manufatura alocam grande quantidade de recursos no projeto de produtos confiáveis e de qualidade. Quando adequadamente projetados, tais produtos apresentam um número mínimo de falhas operacionais durante seu período de garantia e vida útil. Falhas incorridas durante o período de garantia do produto implicam em custos indesejáveis à empresa. Para assegurar produtos de boa qualidade, um sistema eficiente deve ser estabelecido desde os estágios iniciais do projeto do produto. Assim, a incidência de falhas, bem como sua natureza, é normalmente registrada pelas empresas, na busca de informações que permitem aprimorar o projeto de produtos.

Fala-se muito no meio empresarial em “satisfazer o cliente” ou “superar as expectativas do cliente”. O objetivo deste trabalho é mostrar a importância da confiabilidade de produtos para a competitividade empresarial e abordar a integração de duas ferramentas da qualidade para o gerenciamento da confiabilidade. A interface entre Desdobramento da Função Qualidade (QFD – Quality Function Deployment) e Análise dos Efeitos e Modos de Falhas (FMEA - Failure Mode and Effects Analysis) visa aumentar a confiabilidade dos produtos durante as fases de planejamento e desenvolvimento. A satisfação do cliente convertida em resultados financeiros é o objetivo principal da maioria das empresas, sendo que outros objetivos costumam incluir a redução de custos e a obtenção de produtos robustos.

Uma das ferramentas a ser utilizada na redução do índice de falhas de produtos manufaturados é a Análise da Confiabilidade. Através de um estudo de confiabilidade, é possível identificar modos e efeitos de falhas, aspectos de projeto, manufatura, manutenção e uso que podem afetar a probabilidade de falha do produto. Para tanto, é necessário, adquirir conhecimento sobre como o produto opera, seu projeto e modos de falha. Além disto, todas as pessoas envolvidas no projeto devem levar em consideração a qualidade e confiabilidade do produto/processo enquanto desempenham suas tarefas.

O QFD auxilia o processo de desenvolvimento do produto, buscando, traduzindo e transmitindo as necessidades e desejos do cliente, além de garantir a qualidade durante o processo de desenvolvimento do produto. O desdobramento da qualidade e da confiabilidade tem como um dos objetivos a prevenção de falhas do produto ainda na etapa de projeto do produto ou do processo. A FMEA é uma das primeiras técnicas de análise de falhas em confiabilidade, responsável por fornecer informações básicas para predição da confiabilidade e para o projeto do produto e do processo.

Atualmente, novos desafios estão surgindo na área de desenvolvimento de produtos. A necessidade de redução em custos e prazos de desenvolvimento, a maior exigência dos consumidores quanto à qualidade e segurança, a rápida evolução de novos materiais e novos métodos para análise de sistemas complexos contribuem para que análises de confiabilidade tenham absoluta relevância no desenvolvimento de produtos.

O presente artigo está estruturado em mais cinco capítulos, além da introdução. A seguir, é feita uma revisão bibliográfica sobre o conceito da confiabilidade de sistemas e dos métodos da qualidade QFD e FMEA. Após, é proposta a integração entre estes métodos para garantia da confiabilidade, seguindo a conclusão do trabalho e referências utilizadas.

## **2. Confiabilidade**

O conceito de qualidade se estende ao longo do ciclo de vida através da confiabilidade. A utilização de técnicas para análise da confiabilidade de produtos ou serviços é um elemento importante no aumento da competitividade de muitas empresas. Estas técnicas permitem a adoção de melhorias nas diversas etapas de projeto de produtos, gerando bons resultados, os quais se refletem no aumento da satisfação do cliente. Sabendo-se o nível de confiabilidade dos produtos, pode-se saber, de antemão, se as expectativas dos clientes quanto a este produto serão atingidas, bem como o nível de qualidade do mesmo.

Confiabilidade decorre do aumento da competitividade no mercado, ocasionando a geração de maiores exigências quanto à qualidade, obrigando as empresas, para sobreviverem, a buscarem uma melhoria contínua.

A confiabilidade de determinado item, sejam componentes, subsistemas ou sistemas que constituem um produto ou serviço, pode ser definida como sua capacidade de realizar uma função requerida, durante um determinado período de tempo, estando submetido à um determinado meio, em condições de projeto (Stamatis, 1995).

De acordo com esta definição, durante o desenvolvimento do projeto do produto, deve-se definir quais as metas de confiabilidade, ou seja, por quanto tempo o produto deve desempenhar as funções exigidas e a probabilidade do produto falhar no desempenho de suas funções (Cheng *et al.*, 1995).

Já na fase de planejamento do programa é importante abordar o tema confiabilidade, estabelecendo-se as metas de qualidade e confiabilidade pretendidas para o novo produto, através de padrões referenciais (*benchmarking*) de produtos similares e/ou concorrentes no

qual o novo produto deverá se espelhar, e ouvindo-se a voz do cliente. Não somente dados referenciais ao produto serão considerados, mas também padrões relativos a processos de fabricação e montagem (Richter e Lopes, 2004).

A principal aplicação de confiabilidade em engenharia é na prevenção de falhas. Como os itens são desenvolvidos para realizar uma ou mais funções, uma falha é definida como a não realização de uma destas funções. As falhas podem ser classificadas conforme seus modos de ocorrência. Um modo de falha pode ser descrito como o efeito causador da falha em determinado item (Stamatis, 1995).

Técnicas de análise de falhas podem ser empregadas durante diversas etapas do ciclo de vida de um produto, desde sua concepção até a sua utilização no cliente final. Dados de falhas podem ser diretamente utilizados para análises de confiabilidade de produtos, tais como cálculo de confiabilidade, disponibilidade e manutenção de máquinas e elaboração de análises de falha como uma integração entre QFD (*Quality Function Deployment*) e FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Para se estipular as metas de confiabilidade e qualidade, devem ser adotadas ferramentas que traduzam a expectativa dos clientes, como o QFD, por exemplo.

Assim, dada a importância da confiabilidade para a empresa, deverão ser criados mecanismos para previsão de falhas e adoção de medidas preventivas para as mesmas, desde a etapa de projeto até a fase de execução do empreendimento.

### **3. Desdobramento da função Qualidade (QFD)**

As preocupações hoje existentes nas organizações não refletem somente o fator da obtenção do lucro, apesar deste ser primordial para sua sobrevivência. Elas são mais amplas, envolvendo itens como, por exemplo, o planejamento e controle da qualidade de processos, produtos ou serviços. O projeto de novos produtos de acordo com a voz do cliente foi solucionado através do uso de uma técnica chamada de Desdobramento da Função Qualidade, ou do inglês, *Quality Function Deployment (QFD)*.

O QFD foi desenvolvido no fim da década de 60 no Japão. Foi concebido como um método para garantir qualidade em um sistema de Gerenciamento Total da Qualidade, iniciado durante a fase de desenvolvimento de um novo produto (Akao *et al.*, 1999). Por volta de 1966, Yoji Akao expressou a importância de que os pontos críticos referentes à garantia da qualidade obtivessem continuidade através do projeto e no desenvolvimento do produto. Estas idéias mais tarde seriam formalizadas e incorporadas na realização do QFD (Akao, 1990).

“No século XXI é esperado que o QFD seja utilizado como método central para a construção de um sistema que assegure a qualidade de transmissão de informações (Akao *et al.*, 1999)”.

Atualmente, o QFD vem sendo amplamente utilizado no processo de gestão de desenvolvimento do produto. É um sistema que objetiva duas finalidades específicas. Primeiro, auxilia o processo de desenvolvimento do produto, buscando, traduzindo e transmitindo as necessidades e desejos do cliente. Segundo, garante qualidade durante o processo de desenvolvimento do produto.

O método QFD pode ser definido conforme Cheng *et al.* (1995): “uma forma de comunicar sistematicamente informação relacionada com a qualidade e de explicitar ordenadamente trabalho relacionado com a obtenção da qualidade; tem como objetivo alcançar o enfoque da garantia da qualidade durante o desenvolvimento de produto”.

Já Akao (1990), definiu o QFD como uma metodologia capaz de traduzir os desejos do consumidor em características de qualidade, que desdobradas e relacionadas sistematicamente

com as demais partes do processo, dão ao produto a qualidade resultante desta cadeia de relações.

O QFD é uma ferramenta de análise da decisão que inicia a partir de uma pesquisa de mercado adequadamente estruturada. Um grupo multifuncional previamente definido e responsável pelo desenvolvimento do projeto e do produto identifica, a partir dos resultados da pesquisa, as reais necessidades dos clientes. A coleta de tais informações traz ao contexto do projeto um ponto de vista diferenciado: o ponto de vista do usuário. Este cliente, que irá adquirir e conviver com o produto, tem carências e expectativas que devem ser minimamente contempladas pelo projeto. Todavia, a satisfação total do cliente só ocorre quando o produto exceder suas expectativas (Schneider, 2001).

O QFD é desenvolvido através de um conjunto de matrizes (Akao, 1990), tipicamente com dois eixos, x e y. Nestas matrizes são estabelecidas relações entre características de qualidade demandadas pelo cliente e características de qualidade do produto, do processo, serviços, recursos humanos e recursos globais. Essas relações permitem determinar os elementos do produto e de seu processo de manufatura responsáveis pela obtenção da qualidade demandada pelo cliente.

Através da pesquisa de mercado, as necessidades do cliente são identificadas como dados de entrada na primeira matriz do QFD. Nesta matriz, é feito o cruzamento entre os itens de qualidade demandada pelo cliente e desdobram-se as características de qualidade correspondentes a estes itens, transformando a voz do consumidor em especificações técnicas. A qualidade demandada pelos clientes é então organizada hierarquicamente, e a estrutura resultante é denominada árvore da qualidade demandada. Aos itens da árvore, são atribuídos pesos absolutos, resultantes de tratamento estatístico dos dados quantitativos associados a cada item. As características de qualidade são identificadas de acordo com o conhecimento do grupo de desenvolvimento do projeto.

As matrizes têm sua origem nas tabelas construídas a partir da voz do cliente, técnicos e mercado. São confeccionadas para dar maior visibilidade entre as relações estabelecidas entre duas tabelas. Estas relações podem ser de três tipos (Cheng *et al.*, 1995):

- Extração: quando a relação é quantitativa. Pode ser demonstrada através da matriz da qualidade, que utiliza os requisitos de demanda como subsídio para definir as características da qualidade.
- Correlação: quando a relação é de intensidade. Seu objetivo é identificar as relações entre os elementos desdobrados do último nível das tabelas e identificar o grau ou a intensidade destas correlações.
- Conversão: após efetuar o processo de correlação entre os elementos se utiliza a conversão. É um processo quantitativo que transfere a importância relativa (peso) de uma tabela para os dados de outra tabela, respeitando a intensidade das relações existentes entre eles.

O significado da palavra desdobramento é de detalhamento de algo, de forma agrupada e ordenada em níveis. O objetivo do desdobramento é permitir que o desconhecido se torne conhecido, o que é implícito seja explicitado, ou o que é informal seja formalizado.

Conforme Cheng *et al.* (1995), o QFD é elaborado sobre três princípios:

1. Subdivisão e Unificação: podem ser vistos como processos de análise e síntese. Há necessidade de conhecer, de forma mais detalhada, tanto a qualidade quanto o trabalho a ser realizado. Uma vez detalhado, é necessário uni-los, classificando-os em grupos.

2. Pluralização e Visibilidade: este princípio permeia todas as fases do QFD, seja na confecção das tabelas, das matrizes, do modelo conceitual ou dos padrões. A pluralização é a consideração das matrizes sob perspectivas distintas. No desenvolvimento do produto, a participação dos vários setores com suas perspectivas distintas trazem consigo o aspecto plural ao processo. Quanto à atribuição de visibilidade, esta estimula a explicitação e visualização das informações.
3. Totalização e Parcelamento: este princípio também está presente em todo o processo de operacionalização do QFD. Em todo trabalho QFD, é necessário ter a visão do todo, sem, entretanto, perder de vistas as partes mais importantes, pois há limite de recursos e tempo. Uma vez identificadas as partes importantes, passa-se a ampliá-las, de forma a conhecer profundamente os seus detalhes, e assim sucessivamente.

Alguns benefícios do QFD são citados por Cheng *et al.* (1995): redução do tempo de desenvolvimento, redução de número de mudanças de projetos, redução das reclamações dos clientes, redução de custos/perdas, redução de transtornos e mal-estar entre funcionários, aumento de comunicação entre departamentos funcionais, crescimento e desenvolvimento de pessoas através do aprendizado mútuo, e maior possibilidade de atendimento a exigências de clientes.

O desdobramento da qualidade e da confiabilidade tem o objetivo de prevenir falhas do produto ainda na etapa de projeto do produto ou do processo. Segundo Cheng *et al.* (1995), o desdobramento da qualidade diz respeito ao atendimento da “qualidade positiva” exigida pelo cliente. Por outro lado, o desdobramento da confiabilidade diz respeito à prevenção da “qualidade negativa”, ou seja, da ocorrência de falhas no produto. A relação da qualidade exigida pelo cliente com as falhas que ocorrem ou podem ocorrer no produto poderá ser importante para a priorização do ataque às falhas e para o estabelecimento de metas de confiabilidade no desenvolvimento do projeto.

Conforme Akao (1990), os principais itens de confiabilidade são três. O primeiro diz respeito à durabilidade, relacionada à vida útil do produto, ou o tempo que os consumidores acham que as funções básicas do produto devem durar. O segundo item é a segurança, se nenhuma parte do produto causa perigo durante o manuseio. O terceiro item enfoca a manutenção do produto, como por exemplo, se as partes podem ser facilmente trocadas. Segundo o mesmo autor, garantir confiabilidade com um método de desdobramento da confiabilidade simples seria difícil, a menos que se mantenha registro de atividades diárias e sejam feitos esforços para coletar informações de marketing confiáveis. Somente com estas informações poderá investigar minuciosamente as causas dos problemas fazendo análises de falhas.

#### **4. Análise dos modos e efeitos de falhas (FMEA)**

A Análise dos Modos e Efeitos de Falhas, ou do inglês, *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*, é uma das primeiras técnicas de análise de falhas em confiabilidade, desenvolvida durante os anos 60, para estudar problemas que poderiam surgir devido a falhas de funcionamento na indústria aeroespacial (Ginn *et al.*, 1998).

Segundo Schneider (2001), por definição, a FMEA é uma metodologia desenvolvida para maximizar a satisfação do cliente, eliminando e/ou reduzindo problemas potenciais ou previamente conhecidos. FMEA do projeto e do processo serve de suporte ao longo de todo o estágio de desenvolvimento de produto, do inicial ao final.

De acordo com Teng e Ho (1996), FMEA é uma técnica que identifica, primeiramente, os modos de falhas potenciais do produto durante seu ciclo de vida; segundo, os efeitos

relacionados a estas falhas; e, terceiro, a criticidade desses efeitos de falhas na funcionalidade do produto. A FMEA fornece informações básicas para predição da confiabilidade e para o projeto do produto e do processo, ajudando engenheiros a achar problemas potenciais do produto em seu estágio inicial, o que evita custos excessivos de retrabalho nos estágios posteriores.

Segundo Tavares (2001) o método FMEA possibilita melhorias nos sistemas, mediante a detecção de pontos problemáticos, relacionando as falhas nos elementos do subsistema com suas conseqüências no sistema como um todo, e são aplicáveis nas seguintes situações:

- Melhoria de um produto já existente ou processo já em operação, a partir da identificação das causas das falhas ocorridas e seu posterior bloqueio;
- Detecção e bloqueio de causas de falhas potenciais em produtos ou processos já em operação;
- Detecção e bloqueio das causas de falhas potenciais em produtos ou processos, ainda na fase de projeto, antes mesmo de o processo ser finalizado ou do produto chegar ao consumidor final.

A essência do projeto FMEA é a identificação e prevenção de falhas potenciais e conhecidas. Para alcançar este propósito, algumas suposições devem ser feitas, como considerar que as falhas possuem diferentes prioridades. Os principais componentes que ajudam a definir a prioridade das falhas estão descritos no quadro 1.

Índice	Descrição
Ocorrência (O)	traduz a freqüência em que as falhas ocorrem. A avaliação da ocorrência da falha deve ser bastante criteriosa, pois a sub-estimativa desse parâmetro poderá acarretar em taxas de falhas não previstas.
Severidade (S)	quantifica a gravidade da falha, analisando os efeitos da falha e seu impacto no sistema.
Detecção (D)	é o indicador da capacidade de detecção do modo de falha antes que o sistema realmente falhe. Uma detecção baixa indica que o sistema poderá parar sem dar prévio aviso. Dependendo da severidade atribuída ao evento, poderá estar ocorrendo um grande risco de permitir uma falha catastrófica. Logo, a definição dos índices de detecção deve ser realizada com muita ponderação, evitando superestimar o equipamento em análise.

Fonte: Stamatis (1995)

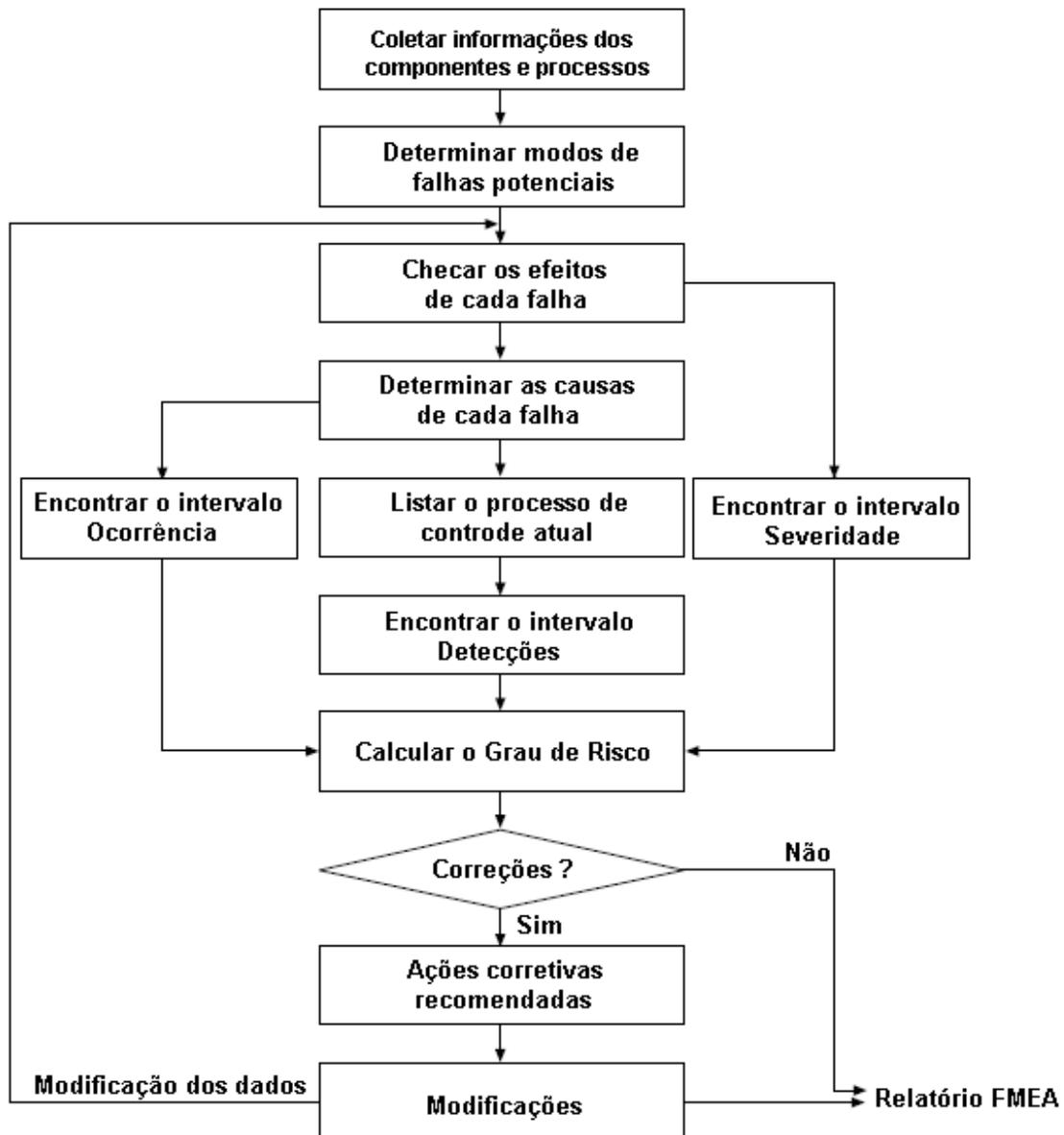
Quadro 1 – Componentes para definir a prioridade das falhas.

Existem várias formas para definir o valor destes índices. A maneira mais usual é o uso de escalas numéricas, que podem ser qualitativas ou quantitativas.

Uma vez determinados os valores fatores de decisão do FMEA, calcula-se o Grau de Risco (R). Este é um índice que prioriza as ações a serem tomadas sobre os modos de falha. Seu cálculo pode ser obtido através do produto da severidade pelo fator de ocorrência e de detecção. Esse índice permite uma hierarquização dos modos de falha, que podem ser classificados em ordem decrescente de criticidade.

Normas e autores definem suas próprias metodologias para a análise e documentação das informações da FMEA. Por exemplo, Chang *et al.* (2001) criticam que a técnica FMEA tradicional não mensura a importância relativa dos fatores de decisão. Para resolver este problema, os autores sugerem estabelecer diferentes pesos para cada um dos fatores de decisão do FMEA (índices de ocorrência, severidade e detecção), de acordo com as características do produto ou do processo. A falha mais séria tem o peso mais elevado e deve ser a primeira a ser considerada no projeto de revisão.

Para a condução de uma análise utilizando a FMEA de sistema ou subsistema, algumas etapas devem ser seguidas. O processo de análise deve ser realizado por uma equipe multidisciplinar, com conhecimento sobre o sistema a ser detalhado, bem como de suas funções e falhas funcionais. A partir daí, o processo FMEA se resume nas atividades apresentadas na Figura 1.



Fonte: Adaptado de Teng e Ho (1996)

Figura 1: O procedimento FMEA

Conforme Teng e Ho (1996) e analisando a Figura 1, existem duas fases no processo FMEA. A primeira fase é a identificação de modos de falhas potenciais e seus efeitos, que deve ser feita em paralelo com o projeto detalhado do produto, começando pela coleta das informações até o cálculo do grau de risco. A segunda fase compreende as recomendações para ações corretivas e modificações no projeto, além da geração do relatório FMEA.

Stamatis (1995) alega existirem quatro tipos de FMEAs:

1. FMEA do sistema: usado para analisar sistema e subsistemas no estágio inicial do projeto. Uma FMEA do sistema está focada em modos de falhas potenciais entre as funções do sistema causadas por deficiências neste.
2. FMEA do projeto: usado para analisar produtos antes de serem manufaturados. Está focada em modos de falhas causados por deficiências no projeto.
3. FMEA do processo: usado para analisar processos de manufatura e montagem. Está focada em modos de falhas causados por deficiências do processo ou montagem.
4. FMEA do serviço: usado para analisar serviços antes de serem oferecidos aos clientes. Está focada em modos de falhas causados por deficiências em sistemas ou processos.

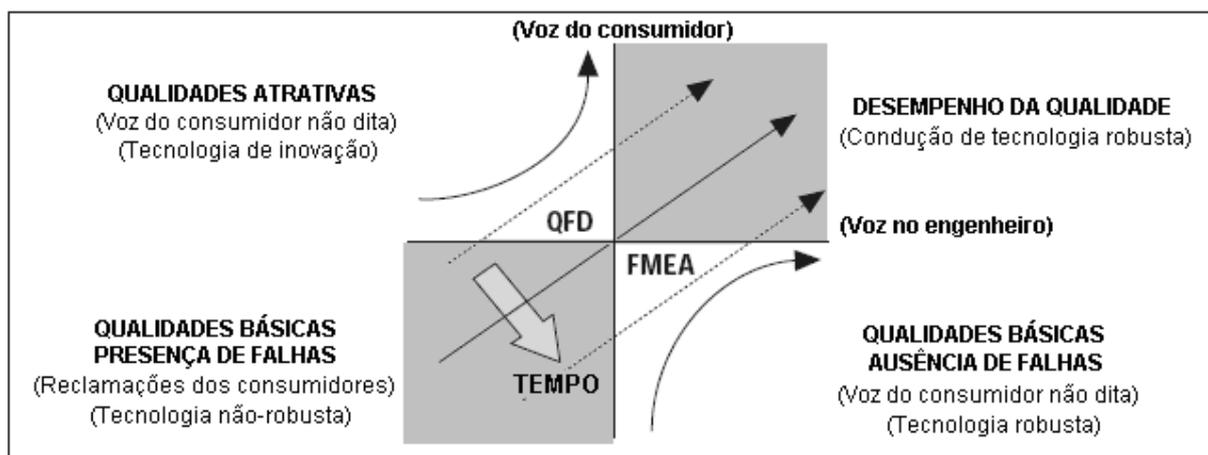
A aplicação da FMEA contribui, significativamente, para a redução das campanhas de *recall* e melhor controle dos custos do projeto, manufatura, manutenção e assistência técnica.

### 5. Integração QFD/FMEA para confiabilidade

Para se ter um planejamento eficaz, é útil ter uma visão dos objetivos da empresa, ter conceitos e princípios para mostrar como alcançá-los, além de possuir ferramentas que ajudem a escolher cursos alternativos de ação.

Conforme Stamatis (1995), QFD e FMEA possuem muito em comum. Os dois visam a melhoria contínua, a eliminação de falhas e a satisfação dos consumidores. Segundo o autor, o QFD é uma ferramenta de planejamento que deve ser desenvolvido primeiro e, baseado nos resultados, o sistema FMEA virá como uma ferramenta de melhoria da qualidade.

Um paralelo entre QFD e FMEA inclui a identificação da função percebida pelo cliente, identificação dos padrões dos consumidores, priorização dos fatores importantes e a seleção de medidas para explorar relações. Na figura 2 a seguir, é demonstrada a interface entre QFD e FMEA ao longo da linha de desempenho da qualidade.



Fonte: Adaptado de Ginn *et al.* (1998)

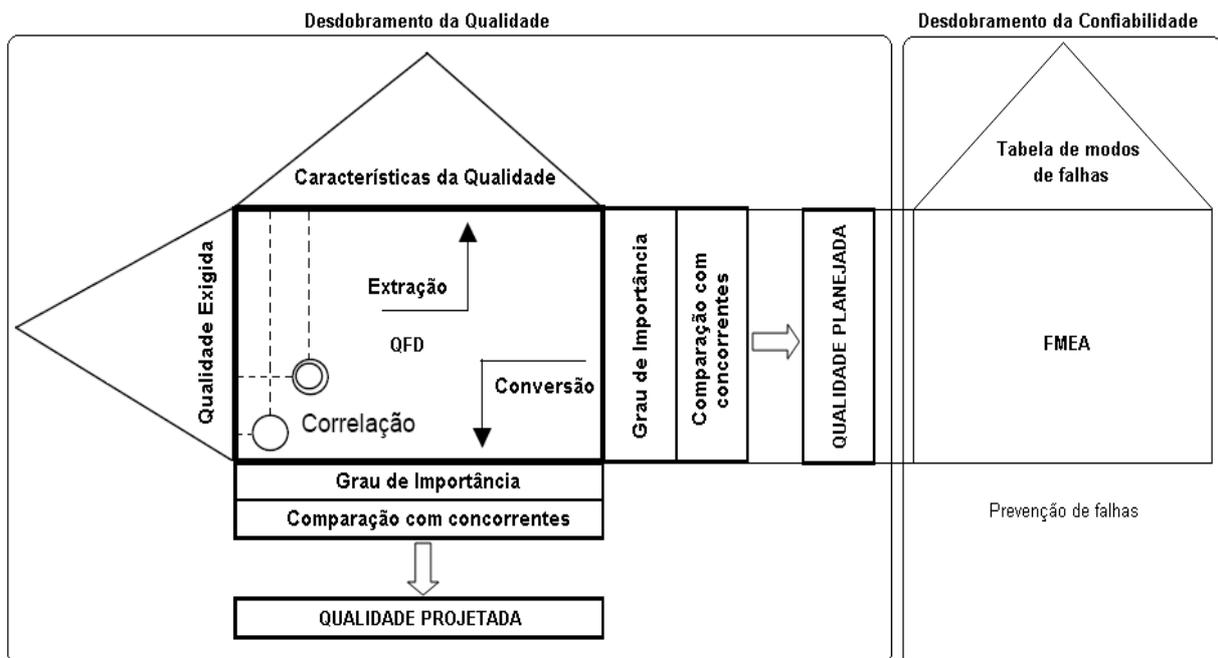
Figura 2: Interface QFD/FMEA

Percebe-se, pela análise da figura, que QFD e FMEA ocupam quadrantes opostos, o QFD lidando com qualidades atrativas ao consumidor, a FMEA refletindo as qualidades básicas que o produto deverá possuir. Nos quadrante hachurados, porém, representam as áreas onde QFD e FMEA compartilham um caminho paralelo ao longo da linha diagonal de desempenho da qualidade. O QFD atua como o guardião da voz do consumidor, enquanto o FMEA atua

como guardião da voz do engenheiro ao longo do ciclo de desenvolvimento do produto. Analisando a figura, pode-se chegar à conclusão de que QFD e FMEA podem ser ligados através de um único time de trabalho, que deve ser multidisciplinar. A variável tempo da figura denota o progresso onde o que era qualidade almejada se torna qualidade básica, ou seja, o que é abordado pelo QFD agora se torna assunto de FMEA depois.

FMEA pode ser usada como uma ferramenta de projeto e planejamento, com apoio do QFD; enquanto QFD pode ser usado como uma ferramenta de resolução de problemas, com ajuda do FMEA. O que faz o *link* entre estas duas ferramentas, segundo Ginn *et al.* (1998), é o time de trabalho multidisciplinar, que deve ser único. A adoção do QFD e FMEA de forma separada não é suficiente para dar suporte ao ciclo de desenvolvimento do produto.

QFD é uma ferramenta que traduz os requisitos dos consumidores, as características das partes, as operações de manufatura e os requisitos da produção. Cada passo estará relacionado através da matriz da qualidade enquanto todas as complicações não estiverem sido resolvidas. A Figura 3 a seguir ilustra o QFD como o desdobramento da qualidade, e relacionado ao FMEA, tido como o desdobramento da confiabilidade.



Fonte: Adaptado de Cheng *et al.* (1995), p. 156

Figura 3: Interface QFD/FMEA

Um problema enfrentado tanto pelo QFD quanto pelo FMEA é que o poder total das duas ferramentas não é alcançado quando cada um está restrito a um único fim durante o processo de desenvolvimento do produto.

## 6. Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo discutir o uso da integração de ferramentas da qualidade QFD e FMEA, como suporte para garantia da confiabilidade de produtos.

O estudo para identificação de falhas e medidas para sua prevenção, além de possibilitar a garantia do atendimento da qualidade exigida pelo cliente, permite identificar gargalos de engenharia. Estes podem ser provenientes da falta de tecnologia na empresa para se prevenir a ocorrência da falha ou do alto custo necessário para preveni-la. Quando mais cedo se identificar estes gargalos, mais cedo se pode decidir sobre o prosseguimento do desenvolvimento do projeto do produto.

Conclui-se que a análise da confiabilidade gera informações que permitem a interpretação correta das falhas ocorridas, além de sugerir melhorias nos produtos existentes e nos novos produtos. Além disto, a adoção do QFD e FMEA de forma separada não é suficiente para dar suporte ao ciclo de desenvolvimento do produto com qualidade e confiabilidade.

Com a prática desta integração proposta entre QFD e FMEA empresas podem superar as deficiências comuns de planejamento da qualidade, no intuito de garantir confiabilidade dos produtos, requisito este extremamente importante na competitividade e sobrevivência no mundo globalizado.

Por fim, estudos de confiabilidade são ferramentas potenciais para o auxílio na adequação das políticas de garantia e na melhoria da imagem da empresa junto ao cliente.

Como proposta para continuidade desta pesquisa sugere-se a implementação da integração QFD e FMEA em uma empresa com a finalidade de identificar: benefícios, complementações e restrições.

## Referências

- AKAO, Y.; OHFUJI, T.; TANAKA, K. QFD towards product development management. In: 5th. *International Symposium on Quality Function Deployment*. Anais. Belo Horizonte: UFMG, 1999. p. 1-7.
- AKAO, YOJI. *Quality Function Deployment (QFD): Integrating Customer Requirements into Product Design*. Productivity Press, Cambridge, Massachusetts, 1990.
- CHANG, Ching-Liang; LIU, Ping-Hung; WEI, Chiu-Chi. Failure mode and effects analysis using grey theory. *International Manufacturing Systems*, v.12, n.3, p. 211-216, 2001.
- CHENG, L. C., SCAPIN, C.A.; OLIVEIRA, C.A.; KRAFETUSKI, E.; DRUMOND, F.B.; BOAN, F.S.; PRATES, L.R.; VILELA, R.M. *QFD: Planejamento da qualidade*. Editora Littera Maciel Ltda. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1995.
- GINN, D.M.; JONES, D.V.; RAHNEJAT, H.; ZAIRI, M. The QFD/FMEA interface. *European Journal of Innovation Management*, v.1, n.1, p.7-20, 1998.
- RICHTER, P. E.; LOPES, L. F. D. A confiabilidade relacionada ao desenvolvimento de produtos e à gestão da qualidade total. In: *XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Florianópolis, SC, Brasil, 2004.
- SCHNEIDER, R.G. *Metodologia para retroalimentação do ciclo de desenvolvimento de produto com dados de confiabilidade oriundos da utilização do produto em campo*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- STAMATIS, D.H. *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution*. Editora: ASQC Quality, United States of America, 1995.
- TAVARES, W. J. *Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- TENG, S.-H; HO, S.-Y. Failure mode and effects analysis: An integrated approach for product design and process control. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v.13, n.5, p.8-26, 1996.