



Revista de Administração da Unimep

E-ISSN: 1679-5350

gzograzian@unimep.br

Universidade Metodista de Piracicaba

Brasil

Giroto Rebelato, Marcelo; Rodrigues, Andréia Marize; Campagnaro, Carlos Alberto  
Visão Integrada sobre as Ferramentas Voltadas ao Planejamento da Qualidade do Produto/Processo  
e à Prevenção de Não conformidades

Revista de Administração da Unimep, vol. 8, núm. 3, septiembre-diciembre, 2010, pp. 128-160  
Universidade Metodista de Piracicaba  
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273719429006>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto



## **Visão Integrada sobre as Ferramentas Voltadas ao Planejamento da Qualidade do Produto/Processo e à Prevenção de Não Conformidades**

**Marcelo Giroto Rebelato (UNESP)** [mgiroto@fcav.unesp.br](mailto:mgiroto@fcav.unesp.br)

**Andréia Marize Rodrigues (UNESP)** [andreiamarize@fcav.unesp.br](mailto:andreiamarize@fcav.unesp.br)

**Carlos Alberto Campagnaro (Fiat Powertrain Technologies)** [carlos.campagnaro@br.fptpowertrain.com](mailto:carlos.campagnaro@br.fptpowertrain.com)

Revista de Administração da UNIMEP, v.8, n.3, Setembro / Dezembro – 2010

Endereço eletrônico deste artigo: <http://www.regen.com.br/ojs/index.php/regen/article/view/272>

---

©Copyright, 2010, Revista de Administração da UNIMEP. Todos os direitos, inclusive de tradução, são reservados. É permitido citar parte de artigos sem autorização prévia desde que seja identificada a fonte. A reprodução total de artigos é proibida. Os artigos só devem ser usados para uso pessoal e não comercial. Em caso de dúvidas, consulte a redação.

A Revista de Administração da UNIMEP é a revista on-line do Mestrado Profissional em Administração, totalmente aberta e criada com o objetivo de agilizar a veiculação de trabalhos inéditos. Lançada em setembro de 2003, com perfil acadêmico, é dedicada a professores, pesquisadores e estudantes. Para mais informações consulte o endereço <http://www.raunimep.com.br>.

---

*Revista de Administração da UNIMEP*

**ISSN:** 1679-5350

©2010 - Universidade Metodista de Piracicaba

Mestrado Profissional em Administração

### **RESUMO**

No ambiente mundial da fabricação de produtos a maioria das organizações que aplica os diferentes métodos atualmente disponíveis voltados à gestão da qualidade não consegue visualizar como estes podem operar de forma integrada. A falta de continuidade e integração na aplicação dos métodos da qualidade dificulta a ação gerencial e as empresas que não trabalham para reparar esta lacuna operam, inevitavelmente, um gerenciamento fragmentado.

Este artigo tem o objetivo de identificar e explorar a integração entre métodos voltados ao planejamento da qualidade do produto e do processo e à prevenção de não conformidades no ambiente de manufatura, mostrando como estes métodos podem se concatenar efetivamente. Conclui-se que a proposta desenvolvida fornece uma contribuição à abordagem sistêmica da qualidade ao evidenciar que a competência para a qualidade passa pela definição das atividades que devem ser desempenhadas de forma consonante e integradas.

**Palavras-chave:** Integração entre métodos da qualidade; Planejamento da qualidade do produto; Planejamento da qualidade do processo; Controle da qualidade.

## **ABSTRACT**

In the world-wide environment of product manufacturing most of the organizations that applies the different methods available turned to the quality management do not manage to visualize how they can operate in a integrated form. The lack of continuity and integration in the application of the quality methods makes difficult the management action and the enterprises that do not work to repair this gap operate, inevitably, a broken up management.

This paper has the objective to identify and to explore the integration among methods turned to the product and process quality planning and to the prevention of non conformities in the manufacture environment, showing how these methods can be strung together effectively. It concludes that the developed proposal contributes to the systemic approach of quality while it shows up that the competence for the quality needs the definition of the activities that must be fulfilled in the consonant and integrated form.

**Key-words:** quality methods integration; product quality planning; process quality planning; quality control.

## **1. INTRODUÇÃO**

No contexto globalizado da manufatura de produtos do século XXI, ainda que os fabricantes tenham sistemas de gestão da qualidade certificados, amplo acesso ao conhecimento tecnológico, trabalhadores qualificados e disponibilidade de capital para investimento, constata-se que componentes não conformes freqüentemente saem das fábricas e chegam ao cliente final. Apesar da grande dificuldade de acesso às estatísticas sobre níveis de defeitos de manufatura nas cadeias fabris, sabe-se que as falhas na manufatura ocorrem com freqüência.

É certo que corrigir os defeitos é muito mais dispendioso do que prevenir as falhas do processo de fabricação. Na medida em que os defeitos, uma vez detectados nas mãos dos clientes têm impactos extremamente negativos à imagem e à reputação da organização fabril que os produziu, as organizações naturalmente têm muito mais interesse em prevenir os defeitos do que corrigi-los. Para que a não conformidade não ocorra, entretanto, é necessário muito esforço da organização em planejamento, prevenção e controle do processo. Neste caminho, as empresas dispõem de diversas técnicas, ferramentas ou metodologias para auxiliá-las no desenvolvimento do produto, do processo, do controle do processo e na análise e prevenção de falhas. Olhar estas técnicas em conjunto, discernir sobre a sua sequência de aplicação, ao mesmo tempo visualizando o todo para entender como elas podem trabalhar em harmonia é um verdadeiro desafio aos gestores.

A integração é tema presente no planejamento e na gestão da qualidade. Conforme Alsaleh (2007), a qualidade dos produtos em uma empresa de manufatura resulta da integração entre equipamentos, ferramentas e estratégias durante o ciclo do produto. Em serviços, afirma Ovretveit (2001), o desenvolvimento da “qualidade integrada” é fruto da combinação de profissionais, gerenciamento integrado e métodos de gerenciamento integrados para oferecer uma experiência melhor do ponto de vista do cliente utilizando menos recursos.

Apesar de a integração ser uma idéia presente no vocabulário dos especialistas, a falta de continuidade e dinamismo interativo na aplicação dos métodos da qualidade pelas empresas é uma realidade. Uma explicação para isso reside no fato de que cada método ou ferramenta foi criado ao seu tempo, por uma organização específica (ou especialista distinto), que tinha um problema gerencial pontual e o objetivo de saná-lo. Dessa forma, os métodos não contêm originalmente *interfaces* previstas de aplicação conjunta com outros métodos. O que é relevante, porém, é que a falta de integração dificulta a ação gerencial (REBELATO *et al.*, 2008).

Na rotina diária da gestão da qualidade, as organizações que não são capazes de enxergar as lacunas de integração que existem dentro do vasto conjunto de métodos a serem aplicados operarão inevitavelmente um gerenciamento fragmentado, a menos que trabalhem para reparar estas lacunas (KELLER, 2003). Esta “fragmentação gerencial” ocorre na medida em que o treinamento prepara os funcionários para a aplicação pontual dos procedimentos, técnicas e métodos, porém não os ensina como “costurá-los” vantajosamente. Devido à falta de visão sistêmica, à complexidade do sistema implantado, e talvez para muitos, devido à

natureza intrincada dos próprios métodos, são raros os funcionários com capacidade e visão suficientes para garantir que as inter-relações aconteçam efetivamente (FERNANDES, 2005).

Por outro lado, normas para sistemas de gestão da qualidade como a ISO 9001 (ABNT NBR ISO 9001:2008) e sistemas genéricos propostos para a qualidade como o *Quality Operating System* (KELLER, 2003) apresentam caráter generalista, ou seja, dão ênfase à base do sistema da qualidade e aos requisitos elementares necessários. A maioria das normas da qualidade traz seus requisitos de uma forma individual, ou seja, sem prever a integração do conjunto. Desta forma, as normas não contemplam o gerenciamento integrado a que Kondo (2002) se refere. Segundo o autor, o gerenciamento integrado é necessário para a descoberta e solução dos problemas também de maneira integrada, sendo que neste processo, a criatividade é indispensável.

De outra forma, estruturas normativas voltadas à indústria automobilística como a ISO/TS16949 (ISO/TS 16949, 2002), evolução da QS 9000 (CHRYSLER et al., 1998), ou VDA6 (AUTOMOBILINDUSTRIE, 1998) são mais específicas e evidenciam também a preocupação com detalhes importantes do sistema da qualidade. Apresentam requisitos específicos e não apenas genéricos e trazem consigo a exigência do uso de métodos mais avançados da qualidade, como a Análise de Modos e Efeitos de Falhas (FMEA). Entretanto, também estas propostas são ineficazes na integração entre as ferramentas gerenciais, tratando os elementos do sistema da qualidade como um conjunto de requisitos distintos entre si e não visualizando o todo. Trata-se da simplificação metodológica apontada por Castle (1998). Segundo o autor, o gerenciamento deve ser capaz de tratar as questões intrínsecas ao problema da sua complexidade. Desafiando esta noção, vemos a proliferação de instrumentos simplistas e diagramas que dividem o problema em partes desintegradas. A seleção de ferramentas da qualidade de maneira fragmentada e injustificada representa uma visão simplista e limitada da questão metodológica à solução dos problemas organizacionais.

Dado o problema acima apresentado, este trabalho tem como objetivo identificar e explorar as *interfaces* entre métodos dedicados ao planejamento da qualidade do produto, do processo e à prevenção de não conformidades no ambiente de manufatura, mostrando como estes métodos podem se concatenar efetivamente. As *interfaces* entre os métodos são caracterizadas por meio da lógica de concatenação (possível) entre os requisitos de entradas (*inputs*) e de saídas (*outputs*) de cada um deles. Os métodos a serem integrados são: Teste de Vida Altamente Acelerado (*HALT*), Teste de Resistência em Ambientes Múltiplos (*MEOST*), Liberação do Processo (*PSO*), Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (*APQP*),

Ferramentas à Prova de Erros (*Error Proofing Tools*) e à Prova de Enganos (*Mistake Proofing Tools*), Método de Análise e Solução de Problemas (MASP), Controle Estatístico do Processo (CEP), Inspeções e Auditorias de Produto/Processo.

## **2. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO**

As pesquisas podem ser classificadas pela sua natureza, sua forma de abordagem, pelo caráter do objetivo e dos procedimentos técnicos (CERVO e BERVIAN, 2007). Quanto à sua natureza, este é um trabalho aplicado, ou seja, seus conhecimentos gerados podem ser aplicáveis a um problema de campo. Quanto à forma de abordagem, pode-se classificar este trabalho como qualitativo, pois as avaliações e discussões são subjetivas e baseadas na interpretação dos fatos. No tocante ao objetivo, este pode ser classificado como exploratório, pois a partir da exploração das *interfaces* entre os métodos da qualidade, propõe-se a integração destes. Em relação aos procedimentos técnicos, o artigo lança mão de uma pesquisa bibliográfica dentro da literatura especializada.

Seguiram-se as seguintes etapas de desenvolvimento metodológico:

a) Levantamento bibliográfico: nesta etapa objetivou-se conhecer as diferentes formas de contribuições científicas sobre as ferramentas voltadas ao planejamento da qualidade do produto/processo e à prevenção de não conformidades. Neste caminho, foram pesquisadas as bases de dados Emerald, Ebsco e Scielo, e livros de autores de destaque na área;

b) Identificação dos métodos. A pesquisa bibliográfica relevou diversos métodos/ferramentas dedicados ao tema. Os métodos identificados como os de maior incidência e de maior destaque na literatura foram (KEPNER e TREGOE, 1986; HENSHALL, 1990; AKAO, 1990; KUME, 1993; MOURA, 1994; WERKEMA, 1995; McQUATER et al., 1995; CHRYSLER CORPORATION, 1997; BHOTE, 1997; SMITH, 1997; BUNNEY E DALE, 1997; SIPPER e BULFIN, 1997; CHRYSLER et al., 1997; BERK e BERK, 1997; TERNINKO, 1997; LAURENCE, 1998; DAIMLERCHRYSLER CORPORATION, 2000; AGUIAR, 2002; PUENTE, 2002; WAURZINYAK, 2002; LENSS, 2002; PALADINI, 2002; PUJO e PILLET, 2002; CALARGE e DAVANZO, 2003; STAMATIS, 2003; LE BOTERF, 2003; HAVILLAND, 2004; ROONEY e HOPEN, 2004; LIKER, 2004; TORMINATO, 2004; LEITNAKER e COOPER, 2005; ROSENBERG, 2006; MARCELLUS, 2006): 1) Folhas de Verificação; 2) *Brainstorming*; 3) Diagramas de Relações; 4) Diagramas de Dispersão; 5) Cinco “Por Quê” e um “Como” (*Five Whys and One How*); 6) Gráficos de Pareto; 7) Diagramas de Ishikawa (ou Diagramas “de Causa e

Solução de Problemas (MASP), os quais aparecem na literatura com algumas variações em suas etapas, porém todos seguindo a mesma lógica básica de operacionalização: Método 7D (Sete Disciplinas), Método Kepner-Tregoe, Método Toyota para Análise e Solução de Problemas (MTASP) e Método *QC-Story*; 10) Inspeções; 11) Controle Estatístico do Processo (CEP); 12) Auditorias de Produto/Processo; 13) Ferramentas à Prova de Erros(*Error Proofing Tools*) e à Prova de Enganos(*Mistake Proofing Tools*); 14) Liberação do Processo (*Process Sign Off*); 15) Testes de Vida Altamente Acelerado (*HALT*) e Testes de Resistência em Ambientes Múltiplos (*MEOST*); 16) Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (*APQP*); 17) Desdobramento da Função Qualidade (*QFD*); 18) Análise do Modo e Efeito de Falhas (*FMEA*);

c) Determinação do contorno da abordagem integrativa. Na concepção da abordagem integrativa optamos pela aglutinação das ferramentas 1 a 8 dentro MASP. O MASP é um método para a condução de uma solução estruturada de um problema, ou seja, é um modo sistemático de se usar fatos e dados para se resolver problemas. Observamos que o MASP é operacionalizado por meio de outros métodos, conforme apresentado pela figura 1. Compõem o MASP: 1) Folha de verificação, que tem como objetivo facilitar a coleta e o registro dos dados; 2) *Brainstorming*, para gerar idéias sobre as causas dos problemas; 3) Diagrama de Relações, que tem como objetivo “ligar” as relações de causa e efeito complexas; 4) Diagrama de Dispersão, que auxilia no entendimento dos tipos de relações existentes entre as variáveis associadas a um processo e facilita a detecção de possíveis problemas; 5) Cinco “Por Quê” e um “Como”, que tem como objetivo auxiliar na condução do plano de ações; 6) Gráfico de Pareto, que dispõe a informação de forma a tornar evidente e visual a priorização dos problemas; 7) Diagrama de Ishikawa, que é utilizado para sumarizar e apresentar as possíveis causas do problema considerado, atuando como um guia para a identificação da causa fundamental do problema e para a determinação das medidas corretivas que deverão ser adotadas; 8) Fluxograma, que tem como objetivo uma análise detalhada dos procedimentos inerentes à operacionalização do sistema. Constatamos que essas são as ferramentas mais elementares e menos complexas entre todas as técnicas pesquisadas. Dessa forma, sem prejuízo à abordagem integrativa proposta, deliberamos que as ferramentas de 1 a 8 não serão consideradas na integração proposta por estarem aglutinadas dentro do MASP. Dessa forma, a integração final será composta pelos métodos de 9 a 18, conforme citados no item b;

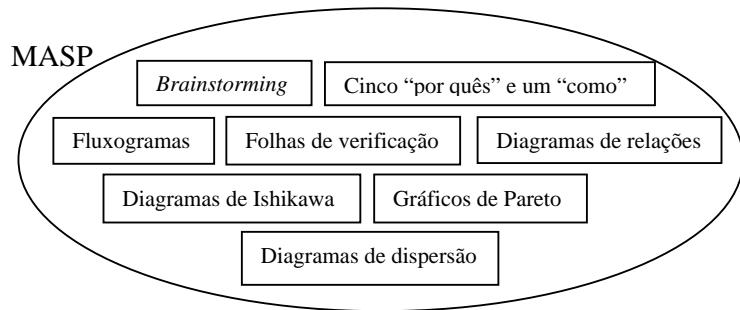


Figura 1: Composição do Método de Análise e Solução de Problemas (MASP)

d) Classificação dos métodos: os métodos foram classificados em três conjuntos básicos que se integram e também se entrelaçam: 1) Técnicas Preventivas na Concepção da Qualidade do Produto – este conjunto envolve os métodos voltados ao desenvolvimento das características que um produto deve ter para satisfazer o cliente; 2) Técnicas Preventivas na Concepção da Qualidade do Processo – neste conjunto agrupamos os métodos voltados à qualidade no projeto do processo; 3) Técnicas de Melhoria, Avaliação e de Controle da Qualidade – são os métodos direcionados à melhoria contínua da qualidade, à avaliação da qualidade (auxiliando nas conclusões sobre a eficácia do sistema) e ao controle da qualidade na fabricação. Deste modo, classificamos o Teste de Vida Altamente Acelerado (*HALT*) e Teste de Resistência em Ambientes Múltiplos (*MEOST*) dentro do conjunto 1; Liberação do Processo (*PSO*) dentro do conjunto 2; Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (*APQP*), Desdobramento da Função Qualidade (*QFD*), Análise do Modo e Efeito de Falhas (*FMEA*) e Ferramentas à Prova de Erros (*Error Proofing Tools*) e à Prova de Enganos (*Mistake Proofing Tools*) na interface entre os conjuntos 1 e 2; Método de Análise e Solução de Problemas (MASP), Controle Estatístico do Processo (CEP), Inspeções e Auditorias de Produto/Processo dentro do conjunto 3, conforme a figura 2;

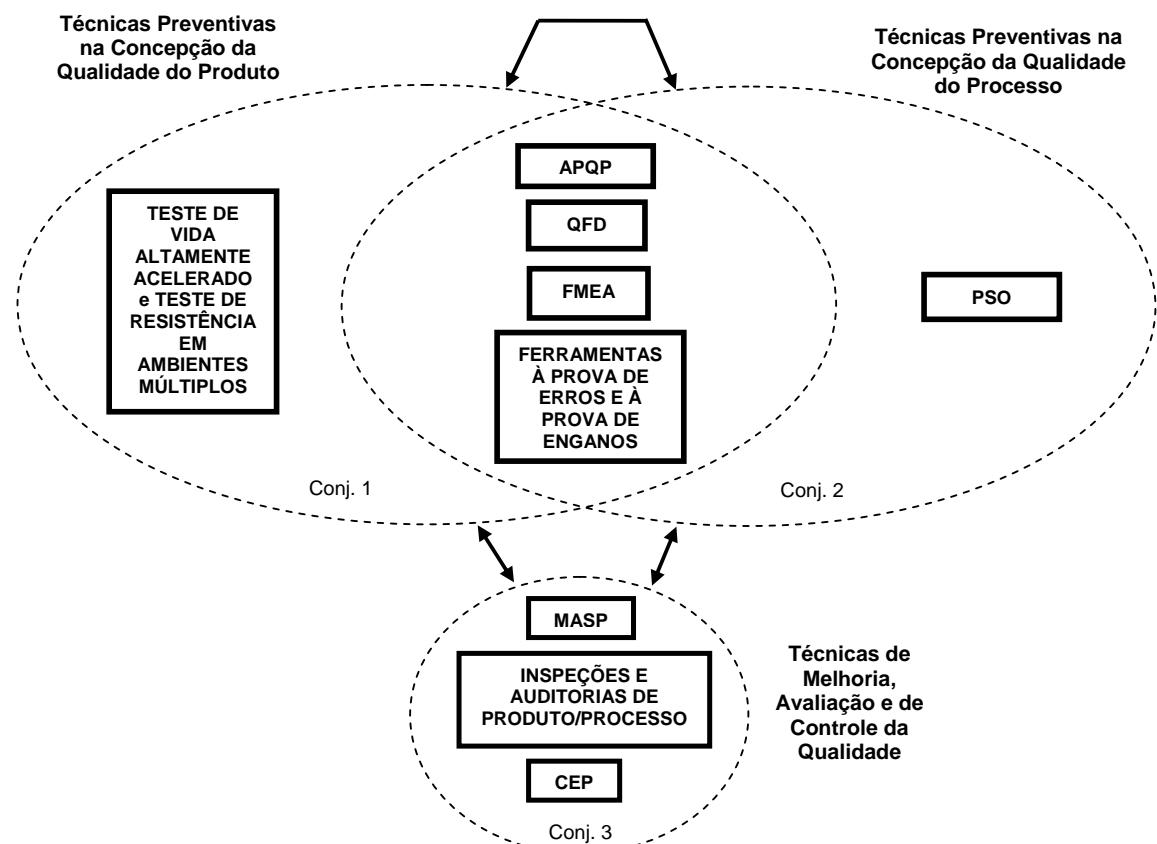


Figura 2 – Classificação dos métodos selecionados

e) Identificação do funcionamento de cada método. Esta etapa foi realizada para a identificação das entradas, do tipo de processamento e das saídas de cada ferramenta. Esta ideia vem do consolidado conceito de sistema, que é composto por: 1) Entrada – como o conjunto de recursos que servirão de ponto de partida para a operação do sistema; 2) Processo: como a operação em si do sistema, ou seja, a atividade de transformação; 3) Saída: como o resultado final do processamento. Dessa forma, cada método/ferramenta selecionado foi considerado um subsistema a ser integrado com os demais;

f) Identificação e análise da integração entre os métodos. Esta análise foi conduzida com base na lógica de concatenação entre os requisitos de entrada de cada ferramenta e suas saídas de modo a ser ter um quadro ou figura capaz de evidenciar como as ferramentas podem se integrar mutuamente. Em outras palavras, partiu-se da análise e síntese racionais (CERVO et al., 2007) de cada ferramenta para propor finalmente uma integração final de todas elas.

O artigo segue a estratégia de ordenamento da exposição partindo das Técnicas Preventivas na Concepção da Qualidade do Produto, em seguida as Técnicas Preventivas na Concepção da Qualidade do Processo, Técnicas Preventivas na Concepção da Qualidade do

Produto e do Processo (região de intersecção) e por fim as Técnicas de Melhoria, Avaliação e de Controle da Qualidade. Exploram-se cada método de maneira sucinta. Finalmente, identificam-se as integrações entre todos os métodos na última figura do texto com explanação completa sobre a lógica de entrelaçamento.

### **3. TÉCNICAS PREVENTIVAS NA CONCEPÇÃO DA QUALIDADE DO PRODUTO**

O processo de desenvolvimento do produto (PDP) pode ser definido como o processo pelo qual a organização transforma dados sobre oportunidades de mercado e possibilidades técnicas em bens e informações para a fabricação de um produto (CAMPAGNARO, 2007). As abordagens preventivas da qualidade do produto inserem-se no PDP como auxiliares no mapeamento das diversas fases que envolvem a concepção e desenvolvimento do produto visando maior robustez tanto do produto quanto do processo de fabricação e seu controle.

Conforme destacado na figura 2 as Técnicas Preventivas na Concepção da Qualidade do Produto são: a) APQP; b) QFD; c) FMEA; d) FERRAMENTAS À PROVA DE ERROS E À PROVA DE ENGANOS; e) TESTE DE VIDA ALTAMENTE ACELERADO e TESTE DE RESISTÊNCIA EM AMBIENTES MÚLTIPLOS. Como as ferramentas a, b, c, d estão na região de *interface* entre os conjuntos 1 e 2, elas serão descritas no item 5 adiante.

#### **3.1 TESTE DE VIDA ALTAMENTE ACELERADO (*HALT - HIGHLY ACCELERATED LIFE TEST*) E TESTE DE RESISTÊNCIA EM AMBIENTES MÚLTIPLOS (*MEOST - MULTIPLE ENVIRONMENT OVER STRESS TEST*)**

Ambas as técnicas, *HALT* e *MEOST*, partem do pressuposto de que o Teste de Vida Acelerado (*ALT – Accelerated Life Test*) ou o Teste de Validação do Projeto (*DVT – Design Validation Test*) com análise de apenas um fator por vez não representa o que de fato irá acontecer com o produto como um todo em sua aplicação em campo, pois não capturam a interação de *stress* entre dois ou mais fatores que podem se combinar e levar o produto a falhar. Em consonância com o fato de que a garantia dos produtos vêm crescendo de um ano para até três anos em muitos tipos de indústrias, o projeto do produto precisa refletir este aumento na confiabilidade do produto em campo.

Por isto, de acordo com Bhote (1997), a técnica *MEOST* ajuda a melhor entender a combinação dos fatores aplicáveis sob o efeito do *stress*, antecipando falhas e, portanto, melhorando as características do produto. Ultrapassar as linhas de *stress* nos testes normais de validação auxilia a visualizar os reais pontos fracos do produto.

Da mesma forma, conforme Lenss (2002), ao se aplicar o *HALT*, dá-se aos projetistas a visualização dos pontos fracos do projeto antecipadamente em relação ao *DVT*, pois enquanto no *DVT* são aplicados parâmetros especificados do produto, no *HALT* estes parâmetros vão além das exigências normais e num ciclo de tempo mais rápido. As entradas, processamento e saídas do *HALT* e *MEOST* são representados na figura 2.

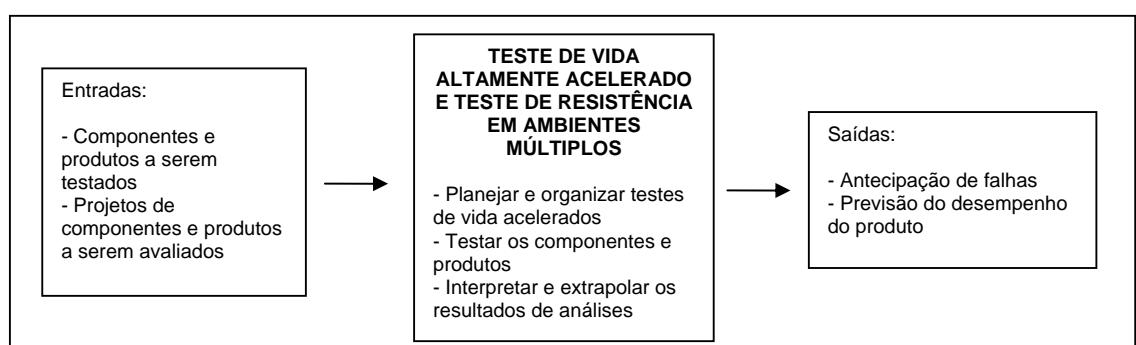


Figura 2 - Entradas, processamento e saídas das ferramentas Teste de Vida Altamente Acelerado e Teste de Resistência em Ambientes Múltiplos.

#### **4. TÉCNICAS PREVENTIVAS NA CONCEPÇÃO DA QUALIDADE DO PROCESSO**

As técnicas preventivas voltadas ao planejamento da qualidade do processo servem como principal elo entre as técnicas de concepção da qualidade do produto e a fabricação. A prevenção na concepção da qualidade do processo auxilia os processos a operarem em regime estável ou sob controle.

Conforme destacado na figura 2 as Técnicas Preventivas na Concepção da Qualidade do Processo são: a) APQP; b) QFD; c) FMEA; d) FERRAMENTAS À PROVA DE ERROS E À PROVA DE ENGANOS; e) PSO. Como as ferramentas a, b, c, d estão na região de *interface* entre os conjuntos 1 e 2, elas serão descritas no item 5 adiante.

##### **4.1 LIBERAÇÃO DO PROCESSO (PSO - PROCESS SIGN OFF )**

O PSO é um método que verifica se o processo de planejamento da qualidade do fornecedor foi executado de forma satisfatória e se o seu processo de produção é capaz de produzir peças com a qualidade e quantidades requeridas pelo cliente. Assim, no PSO executa-se uma revisão seqüencial do processo de manufatura do fornecedor, considerando seu pico máximo de demanda exigido, englobando: mão-de-obra disponível, instalações, equipamentos, matéria-prima, instruções de trabalho desde o recebimento do desenho

estabelecido pelo cliente, passando pela liberação da matéria-prima ou sub-componentes – bem como as etapas do processo – até a entrega do produto final, ferramentas, nível de acessibilidade de dados, entre outros (DAIMLERCHRYSLER, 2000).

Antes da liberação do produto em escala normal de produção, utiliza-se o PSO com vistas a “validar o processo”, como se diz no jargão de “chão-de-fábrica”. De acordo com Villela (2004), validar um processo significa estabelecer evidências objetivas de que este processo produz adequadamente um resultado ou um produto que atenda aos requisitos pré-determinados. Assim, no PSO busca-se a confirmação de que o processo do fornecedor é capaz de atender às características exigidas pelo cliente no respectivo produto, bem como atender às condições de demanda definidas no início do APQP. As entradas, processamento e saídas do PSO são representados na figura 3.



Figura 3. Entradas, processamento e saídas do método PSO.

## 5. TÉCNICAS PREVENTIVAS NA CONCEPÇÃO DA QUALIDADE DO PRODUTO E DO PROCESSO

Aqui são apresentadas as ferramentas situadas na zona de intersecção entre as técnicas de prevenção na concepção da qualidade do produto e de prevenção na concepção da qualidade do processo sendo, portanto, os métodos de maior robustez e potencial de prevenção. O APQP é um método extenso e intensamente sistemático que estabelece as ações necessárias tanto ao projeto e desenvolvimento do produto quanto ao projeto e desenvolvimento do processo. O QFD é um método útil ao processo de planejamento da qualidade do produto, do processo e do controle do processo (toma-se aqui como referência o QFD de “quatro fases” conforme AKAO, 1990). Da mesma forma, o FMEA desdobra-se no chamado DFMEA quanto aplicado ao projeto de produtos e no chamado PFMEA quando aplicado ao projeto de processos. Por sua vez, as ferramentas à Prova de Erro e à prova de enganos, por meio do *poka-yoke*, têm aplicação na prevenção de erros no projeto do produto e na prevenção de enganos no planejamento do processo.

## **5.1 PLANEJAMENTO AVANÇADO DA QUALIDADE DO PRODUTO (APQP - ADVANCED PRODUCT QUALITY PLANNING)**

O APQP fornece diretrizes estruturadas para desenvolver um plano da qualidade do produto que dê suporte ao desenvolvimento e fabricação do produto com posterior satisfação do cliente, buscando uma redução na complexidade do planejamento da qualidade do produto para a organização e seus fornecedores, bem como um meio dos fornecedores comunicarem as exigências do planejamento da qualidade do produto a seus subcontratados. As diretrizes do APQP descrevem atividades nas etapas de projeto, desenvolvimento, validação do processo e produto, suportados por equipes multifuncionais do cliente e do fornecedor. Com isto, a meta do APQP é facilitar a comunicação entre todos os envolvidos além de buscar o cumprimento de todos os seus passos dentro de um prazo estipulado e acordado.

Para o bom êxito do APQP, alguns fundamentos são importantes (CHRYSLER et al., 1997):

- a) Organizar a equipe multidisciplinar, englobando diferentes áreas de clientes e fornecedores como: engenharia de produto e processo, manufatura, compras, logística, qualidade, subcontratados (onde aplicável), recursos humanos, entre outras;
- b) Definir a abrangência: identificar as necessidades e expectativas do cliente, fazendo uma análise crítica sobre a viabilidade técnica, econômica e prazo para o desenvolvimento e produção do produto;
- c) Estabelecer um cronograma para o desenvolvimento do produto e processo: uma matriz com etapas, prazos e responsáveis ajuda na melhor visualização e acompanhamento do planejamento da qualidade do produto;
- d) Programar treinamento: desenvolver as competências necessárias aos envolvidos no desenvolvimento e produção do produto, facilitando a comunicação e a mútua troca de experiências;
- e) Planejar o controle: descrição de como controlar processos nas fases de protótipo, pré-lançamento e produção;
- f) Resolver problemas: se problemas no desenvolvimento de produto e processos ocorrerem é preciso utilizar-se de métodos disciplinados de resolução de problemas, com definição de responsáveis e prazos.

A Figura 4 apresenta o APQP como um sistema composto de entradas, etapa de processamento e saídas.

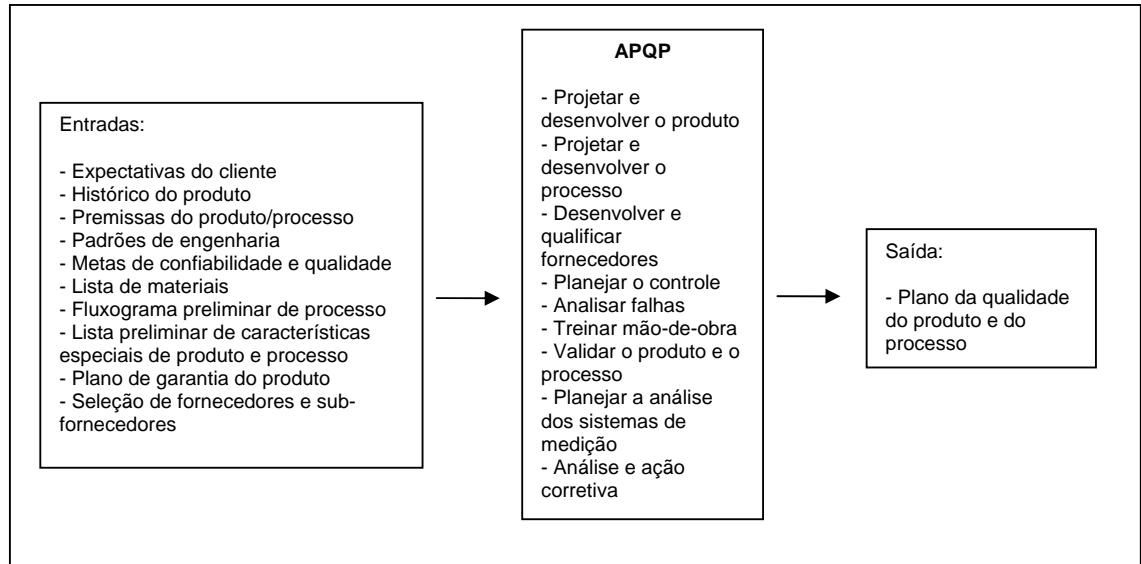


Figura 4. Entradas, processamento e saídas do método APQP.

## 5.2 DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE (*QFD - QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT*)

O método QFD contém uma série de relações causa e efeito que são operacionalizadas por meio de matrizes. Em cada ciclo do QFD relacionam-se as necessidades da qualidade (o que o cliente deseja ou “o que se espera”) com os requisitos da qualidade (“como se pretende fazer”) identificando-se, na matriz de relações, a intensidade do relacionamento entre eles (figura 5). A intensidade do relacionamento é representada por símbolos de relações. Cada símbolo tem um peso numérico representando esta intensidade. A importância relativa (figura 5, à direita) é uma classificação (priorização) de cada necessidade da qualidade (“o que se espera”). Essas necessidades são ponderadas segundo o grau de importância para o cliente, atribuindo-se a cada necessidade um valor numérico. Na parte superior da figura 5 (triângulo) identificam-se os relacionamentos entre os requisitos da qualidade (matriz de correlações). Estes relacionamentos identificam o grau de correlação entre os requisitos da qualidade, auxiliando na priorização e identificação de “soluções de compromisso” entre os requisitos. As especificações do projeto (“quanto”) representam uma quantificação de cada requisito da qualidade (“como se pretende fazer”). Os requisitos priorizados (retângulo abaixo) são calculados pela multiplicação do peso atribuído ao símbolo de relações (forte, moderado, fraco) pelo grau de importância relativa (BERK e BERK, 1997 e TERNINKO, 1997).

Conforme a figura 6, o método QFD engloba quatro fases ou ciclos de relações de

figura 1): 1) planejamento de projeto; 2) projeto de produto;

componentes; 3) projeto do processo; 4) controle do processo. Para cada uma dessas fases tem-se a execução de extensos desdobramentos e priorizações (AKAO, 1990). De acordo com a figura 6, as expectativas dos clientes desdobram-se em necessidades dos clientes (ciclo 1), as quais geram as características do produto (ciclo 2). As características do produto desdobram-se, por sua vez, em características do processo (ciclo 3) e finalmente, as características do processo são traduzidas em necessidades de controle do processo (ciclo 4). As entradas, processamento e saídas do QFD são representados na figura 7. Pode-se notar que as saídas foram divididas em duas partes conforme a conveniência para a integração na última seção do texto.

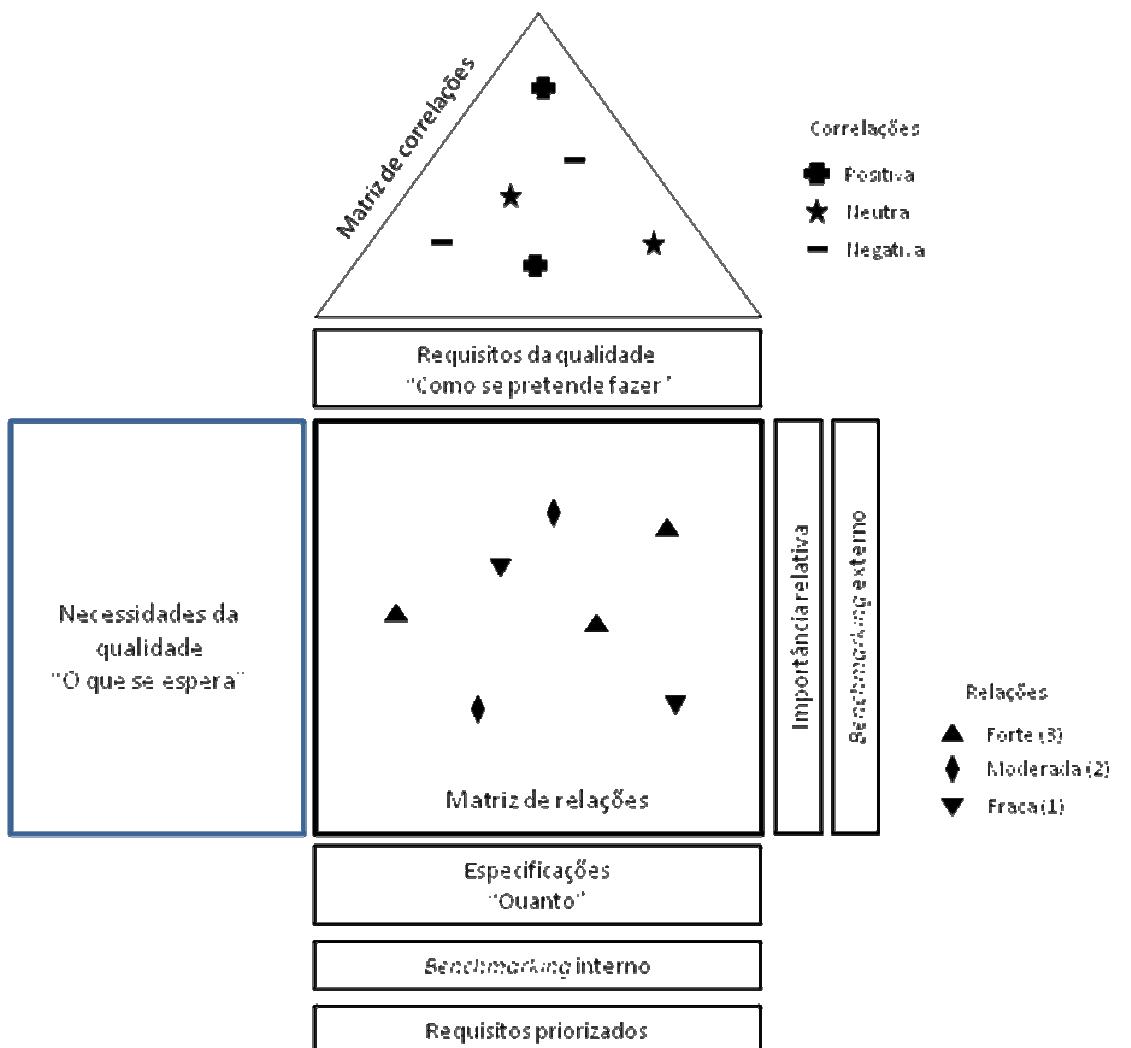


Figura 5. Representação simplificada do método QFD

Fonte: adaptado de Berk e Berk (1997, p.205)

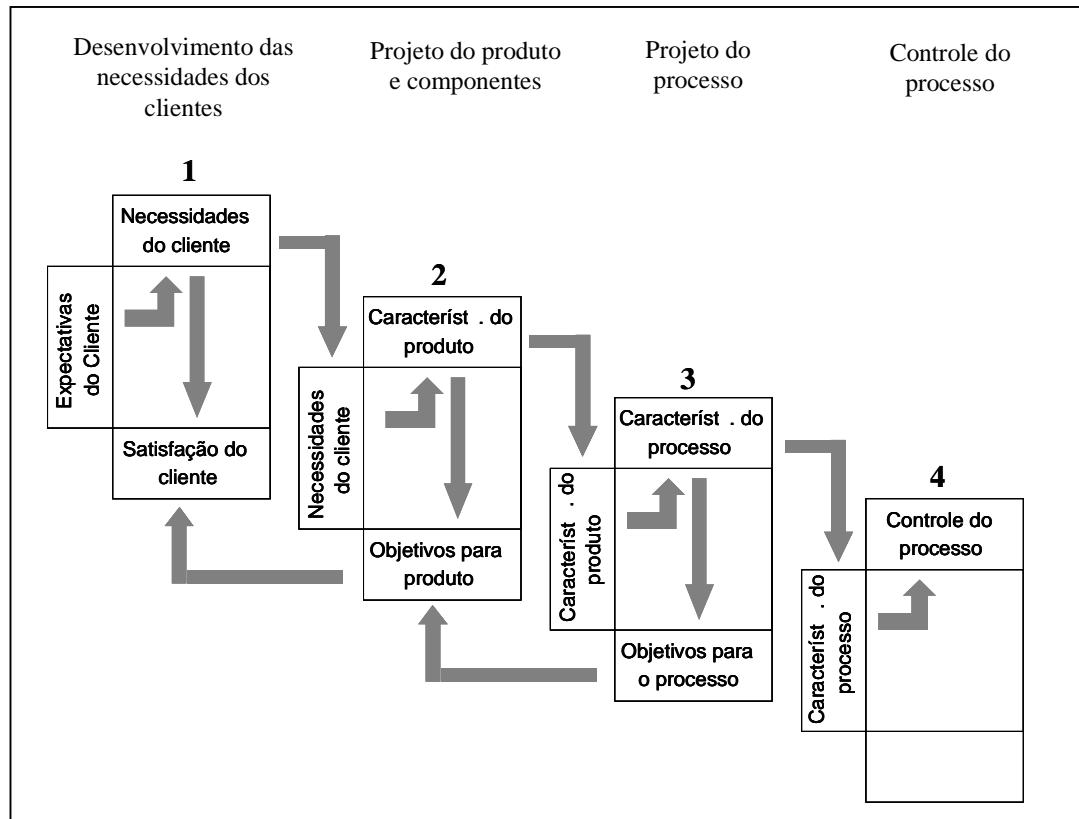


Figura 6. Os quatro ciclos do método QFD.

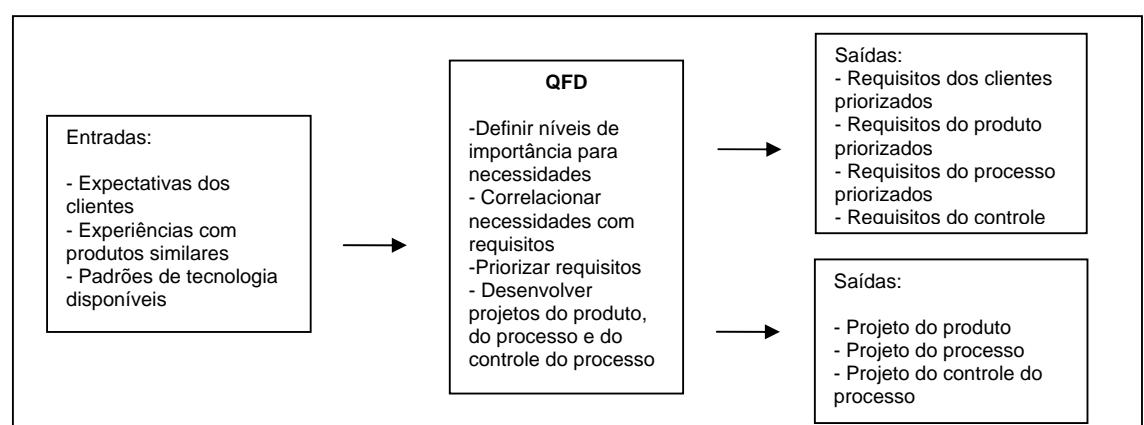


Figura 7. Entradas, processamento e saídas do método QFD.

### 5.3 ANÁLISE DO MODO E EFEITO DE FALHAS (FMEA - FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS)

Conforme Puente (2002), o método FMEA é útil para identificar, de forma sistemática, falhas potenciais em sistemas e processos, identificar seus efeitos e definir ações que visem reduzir ou eliminar o risco associado a cada falha. O FMEA avalia a severidade de

e, caso ocorram, como poderiam ser detectadas antes de chegarem às mãos dos clientes. Com base nestes três elementos, severidade, ocorrência e detecção, o FMEA leva à priorização de quais modos de falha levam a um maior risco ao cliente. As etapas para a execução de um FMEA são as seguintes: 1) listar modos de falha conhecidos e potenciais; 2) identificar os efeitos de cada modo de falha e a sua respectiva severidade; 3) identificar as causas possíveis para cada modo de falha e a probabilidade de ocorrência de falhas relacionadas a cada causa; 4) identificar o meio de detecção no caso da ocorrência do modo de falha e sua respectiva probabilidade de detecção; 5) avaliar o potencial de risco de cada modo de falha e definir medidas de eliminação ou redução do risco de falha. Esta eliminação ou redução dos riscos de falha é feita através de ações que aumentem a probabilidade de detecção ou reduzam a probabilidade de ocorrência da falha. A severidade é um índice que não pode ser reduzido ou eliminado, pois depende apenas do nível de transtorno que a falha trás ao cliente. A técnica utilizada para se determinar o risco associado a cada modo de falha (*Risk Potential Number, RPN*) é a multiplicação da pontuação dada para as classificações da severidade (S), da ocorrência (O) e da detecção (D). Com isto, tem-se uma escala que vai de 1 a 1000 pontos, sendo 1 um baixíssimo risco e 1000 um risco crítico ao cliente. Após a priorização dos riscos devem ser definidas medidas para a redução ou eliminação dos maiores riscos calculados.

O FMEA aplicado a projetos é chamado de DFMEA enquanto que o FMEA aplicado a processos é chamado de PFMEA.

O DFMEA é utilizado pela equipe responsável pelo projeto do produto para assegurar que modos de falhas potenciais e suas causas sejam considerados e minimizados ou eliminados. O DFMEA é um documento dinâmico a ser iniciado antes ou na finalização do conceito do projeto, atualizado continuamente durante o seu desenvolvimento e que deve estar concluído no momento da entrega do desenho final do produto.

O PFMEA é utilizado pela equipe responsável pelo processo de manufatura de uma peça/produto e que objetiva assegurar que modos de falhas potenciais e suas causas sejam considerados e minimizados ou eliminados. O PFMEA é um documento dinâmico que busca identificar os modos de falhas potenciais do processo, avalia os efeitos potenciais de falha no cliente, identifica causas potenciais de falhas no processo e quais variáveis precisam ser controladas. Classificando os modos potenciais de falha, o PFMEA prioriza ações de correção e controle.

O FMEA é, portanto, considerada uma técnica preventiva na concepção de produto e do processo. As entradas, processamento e saídas do FMEA são representados na figura 8.

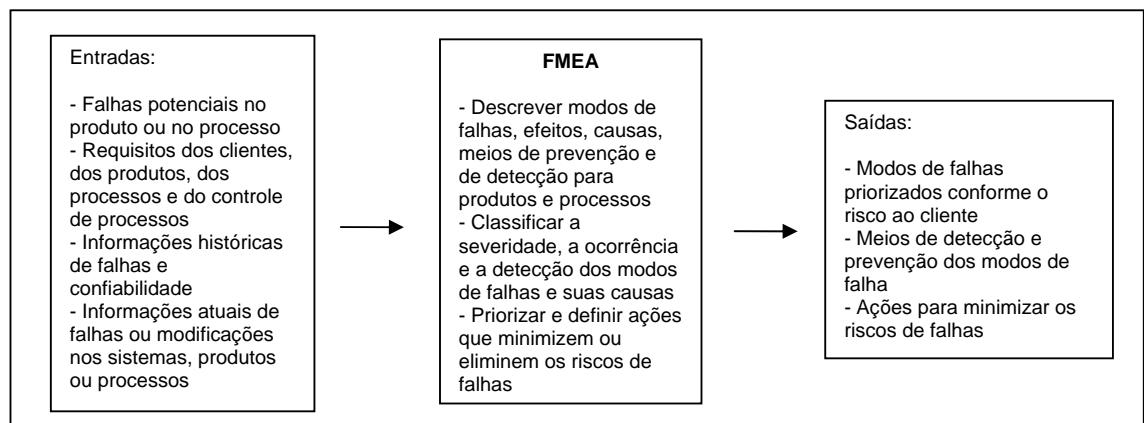


Figura 8. Entradas, processamento e saídas do método FMEA.

#### 5.4 FERRAMENTAS À PROVA DE ERROS (*ERROR PROOFING TOOLS*) E À PROVA DE ENGANOS (*MISTAKE PROOFING TOOLS*)

A expressão *poka-yoke* (pronuncia-se “pocá-ioquê”) vem do termo japonês traduzido por “a prova de erros”, aplicado há várias décadas pelas organizações como um meio de se atingir o zero defeito e eliminar as inspeções. Calarge e Davanso (2003) descrevem três funções para os dispositivos *poka-yoke*: a) detecção – quando este acusa anormalidades ou desvios no produto ou processo; b) sinalização – quando este emite um aviso sonoro ou visual no posto de trabalho; c) restrição – quando o *poka-yoke* interrompe a produção ao detectar anormalidades.

Vale lembrar que, como conceito, o *poka-yoke* estendeu-se para além do processo e encontrou no desenvolvimento do projeto do produto sua maior aplicação deixando, portanto, de ser uma ferramenta de caráter de prevenção de erros no processo para passar a ter um caráter prevenção de erros no produto. Baseados nisto, estes dispositivos ganham duas concepções:

a) À Prova de Erros (*Error Proofing*): quando o produto ou processo é concebido de modo a impedir a ocorrência de uma falha potencial, ou seja, não há como um produto ser manufaturado e/ou montado ou mesmo um equipamento ser acionado de maneira incorreta. O projeto do processo ou equipamento assegura a não criação do defeito, caracterizando uma ação preventiva. Rosenberg (2006) classifica o *Error Proofing* em duas categorias: passivo (quando usa dispositivo mecânico para assegurar que um processo atue corretamente, seja pela indicação de que um componente está presente ou corretamente orientado) e ativo (sensores que detectam início e fim de operação ou controle do processo, como: falta de um componente, torque inadequado, produtos entregues fora do seqüenciamento, etc.).

b) À Prova de Enganos (*Mistake Proofing*): quando o processo é planejado para ajudar o operador na detecção de falhas, ou seja, quando dispositivos de detecção, sinalização e restrição são acionados e alertam o operador sobre a possível ocorrência de um defeito. O projeto do processo ou equipamento impede a propagação do defeito, caracterizando uma ação preventiva. As entradas, processamento e saídas das Ferramentas à Prova de Erro e à Prova de Enganos são representados na figura 9.

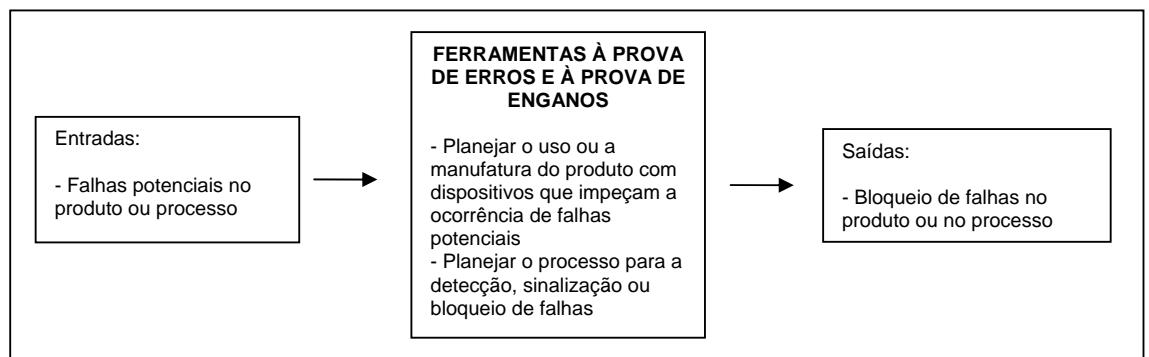


Figura 9. Entradas, processamento e saídas das Ferramentas à Prova de Erros e à Prova de Enganos.

## 6. TÉCNICAS DE MELHORIA, AVALIAÇÃO E CONTROLE DA QUALIDADE

Segundo Mitra (1998), o controle da qualidade utiliza-se de técnicas e atividades operacionais para preencher os requisitos da qualidade de modo a monitorar o processo e, eliminando causas do desempenho não satisfatório nas diversas etapas da produção, também contribuir para uma efetividade econômica no respectivo produto. A seguir apresentam-se as ferramentas utilizadas na melhoría contínua da qualidade, na avaliação da qualidade e no controle de processos.

### 6.1 MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS (MASP)

A solução estruturada de um problema é um modo sistemático de se usar fatos e dados para resolver problemas. A diferença fundamental entre a solução estruturada de um problema e outros métodos é a determinação da causa raiz, pois se ela não for eficazmente eliminada, o problema ocorrerá novamente, causando perdas de recursos usados na sua investigação (HOONEY e HOPEN, 2004).

De acordo com Campagnaro (2007), as etapas para a solução de um problema envolvem:

- a) Identificar o problema: a identificação de um problema ocorre quando ao comparar-se o estado desejado com o estado atual observa-se uma discrepância entre eles, a qual precisa ser corrigida;
- b) Entender o problema: significa entender como o problema está inserido dentro de um sistema e sua interação com o mesmo, qual o impacto e extensão que este problema causa no sistema, conceituando-o como recorrente ou surgimento inicial;
- c) Desenvolver um modelo: a partir do entendimento detalhado do problema, desenvolve-se um modelo que o represente. Os modelos são desenvolvidos para testar uma alternativa e escolher a que melhor se adequou ao estudo, prever o comportamento de um sistema ou explorar hipóteses. Para se desenvolver um modelo são precisos dados os quais auxiliam na identificação e entendimento do problema. Trabalham-se os dados para gerar informação;
- d) Testar o modelo: ao se testar o modelo e descobri-lo eficiente está-se indiretamente solucionando o problema. Se necessário, fazer ajustes no modelo;
- e) Interpretar a solução: significa questionar se a solução proposta resolveu o problema, se é a mais robusta;
- f) Implementar a solução: acompanhar seu desempenho dentro do sistema e se necessário, voltar aos passos anteriores para novos ajustes. Ao se implementar a solução, tornar possível um sistema de controle desta solução, evitando repetição do problema e melhoria contínua do sistema.

A figura 10 ilustra as entradas, processamento e saídas desse tipo de ferramenta.

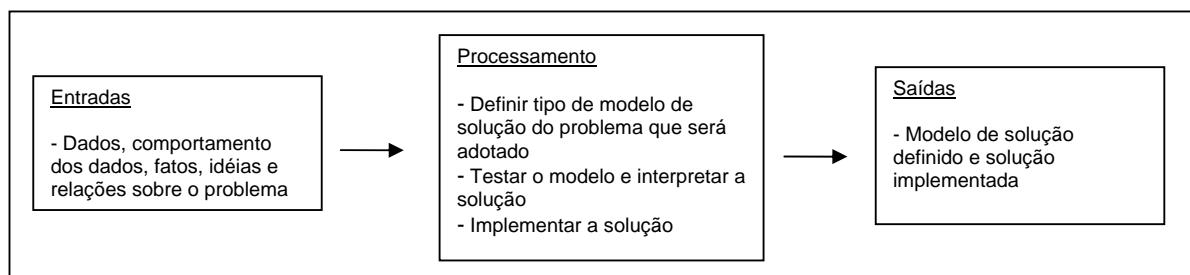


Figura 10 – Entradas, processamento e saída do Método de Solução de Problemas

## 6.2 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP)

Conforme Marcellus (2006), o objetivo do CEP é alertar as pessoas sobre condições indesejadas num determinado processo. Estas condições podem ser desde uma ferramenta já gasta, quebra da ferramenta, fixação incorreta de um dispositivo, variação não usual em

alguma característica de uma matéria-prima ou componente até falhas no seguimento de uma instrução de medição. A detecção destas condições é possível com a coleta sistemática de dados do processo ou produto e sua respectiva análise.

Leitnaker e Cooper (2005) e Torminato (2004) argumentam que o CEP é um forte aliado quando usado para determinar causas de variação do processo ou de uma característica do produto. Assim, mapeando o processo, dados são obtidos, os mesmos são questionados pela equipe e novas formas de controle são implantadas para obtenção de novos dados. Seguem-se a análise e o melhor entendimento dos dados contribuindo para a melhoria contínua de processos e produtos. Neste sentido, Waurzinyak (2002) argumenta que o uso de *softwares* para o CEP no processo produtivo o tornou mais conhecido nas empresas, deixando de fazer parte apenas do conhecimento de poucas pessoas (normalmente da área de controle ou qualidade), para tornar-se parte integrante de máquinas e equipamentos operada por diversos funcionários. Assim, a visibilidade do processo ganha o *status* de visão “em tempo real” e ações corretivas podem ser aplicadas rapidamente quando necessárias.

O CEP utiliza o gráfico de controle para distinguir a variabilidade aleatória da não-aleatória. A base do gráfico de controle é a distribuição amostral, que tende a ter a curva de probabilidades associada numa distribuição gaussiana. O gráfico de controle tem dois limites - calculados a partir dos dados amostrais - que separam a variação aleatória da variação não-aleatória. O valor maior é o limite superior de controle (LSC), e o valor menor é o limite inferior de controle (LIC). Uma estatística amostral que cair entre esses dois limites sugere a aleatoriedade da distribuição, enquanto um valor exterior a um dos dois limites sugere a não-aleatoriedade. No CEP é comum a utilização do LSC três sigmas acima da linha média e do LIC três sigmas abaixo desta. O CEP é um método de detecção das causas assinaláveis, ou seja, causas incomuns que, agindo no processo, provocam alta variabilidade na saída. Por meio do gráfico de controle, avaliam-se tendências, padrões de não-aleatoriedade e instabilidades do processo, permitindo a sua interrupção e a ação corretiva antes que se produzam itens fora dos limites de especificação. Além disso, o CEP permite o cálculo de índices de capacidade do processo. Estes índices avaliam a variabilidade intrínseca do processo relativamente à variação permitida pelas especificações de projeto. Se esta variabilidade estiver dentro das especificações, diz-se que o processo é capaz. Caso contrário o processo será incapaz e, sem uma intervenção visando reduzir sua variabilidade natural, ele não produziria conforme as especificações previstas no projeto (MONTGOMERY, 1997). A figura 11 mostra o CEP com suas entradas e saídas.

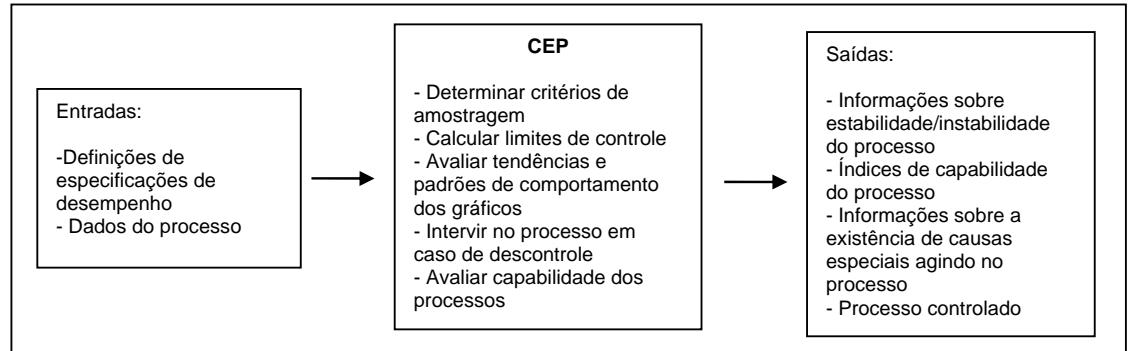


Figura 11. Entradas, processamento e saídas do CEP.

### 6.3 INSPEÇÕES E AUDITORIAS DE PRODUTO/PROCESSO

A inspeção do produto é um método de detecção de defeitos que se faz medindo-se uma característica do produto e comparando-a com seu padrão de projeto (PALADINI, 2002). A auditoria de produto procura identificar se o produto produzido atende às características previamente estabelecidas (especificações). A auditoria de processo procura identificar as falhas no processo, através de análise de parâmetros operacionais e do conhecimento técnico dos auditores (FERREIRA et al., 2008). Como se vê, as inspeções e as autorias de produto e de processo são feitas da mesma forma. Porém, elas se diferenciam pelo fato de as inspeções condicionarem a liberação do lote ao resultado destas, o que não acontece com as auditorias, cujo resultado é somente utilizado como um indicador para tomada de ações corretivas no processo (FERNANDES, 2005). A figura 12 apresenta as entradas, o processamento e as saídas das inspeções e auditorias de produto.

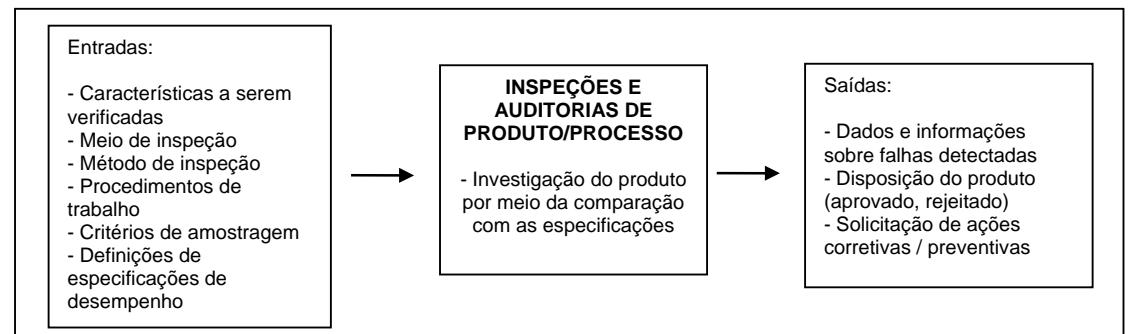


Figura 12. Entradas, processamento e saídas das Inspeções e Auditorias de Produto.

## 7. A INTEGRAÇÃO ENTRE AS FERRAMENTAS

As inter-relações entre todos os métodos estão representadas na figura 13. A figura

representando as informações que alimentam todo o processamento integrado e que não são geradas pelos métodos destacados, podendo ter origem internamente ou externamente à empresa; 2) processamento integrado que, a partir das entradas de cada ferramenta (externas ou internas) gera as saídas internas e a saídas externas (há apenas duas saídas externas); 3) saídas externas, que contêm o resultado final do processamento integrado.

A concepção da qualidade do produto e do processo se inicia com a utilização do método QFD. O QFD tem como entrada (entradas externas) as expectativas dos clientes, as experiências com produtos similares e padrões de tecnologia disponíveis. Por meio de seus quatro ciclos em sucessão (QFD de “quatro fases”), o QFD desdobra as expectativas do cliente em requisitos (em ordem de prioridade) do cliente, do produto, do processo e do controle do processo (para evitar a sobrecarga da figura, este detalhe não é mostrado). Esta é a primeira das três saídas do QFD.

Esta primeira saída do QFD se constitui em entrada do método FMEA. Para realizar a análise dos riscos potenciais de falha de cada função do produto (ou do processo ou do sistema), o FMEA necessita dos requisitos do cliente, do produto, do processo e do controle do processo (entendidas aqui como “entradas internas”) e ainda informações históricas sobre falhas e níveis de confiabilidade de produtos e processos (entrada externa).

Pode-se acompanhar (pelas flechas da figura 13 que saem do QFD) que a segunda saída (projeto do produto) e a terceira saída (projeto do processo e do controle do processo) do QFD se constituem em entradas do método APQP. É fácil perceber que o APQP e o QFD contêm objetivos comuns de processamento, quais sejam: conceber a qualidade do produto, do processo e do controle do processo. Desta forma QFD e APQP não apenas se entrelaçam como podem ser desenvolvidos simultaneamente.

Neste ponto, faz-se conveniente explicar que a segunda saída do QFD (projeto do produto) se constitui em entrada natural dos métodos Teste de Vida Altamente Acelerado e do Teste de Resistência em Ambientes Múltiplos, pois estes necessitam das informações dos projetos de componentes e produtos para a realização dos testes de vida e resistência. O Teste de Vida Altamente Acelerado e o Teste de Resistência em Ambientes Múltiplos por sua vez, têm como saída a antecipação de falhas e previsões de desempenho do produto, que se constituem em entradas para o método FMEA.

Pode-se ver que o FMEA alimenta o método APQP através da saída “meios de detecção e prevenção de falhas”. Estes meios são importantes para o FMEA porque afetam os níveis de risco calculados para cada modo de falha. Desta forma, uma das formas de se

de detecção e prevenção. Ao mesmo tempo são entradas importantes para o APQP na medida em que se constituem em elementos constituintes do projeto e desenvolvimento do processo.

O método APQP se integra intimamente ao primeiro processo de controle da qualidade, o CEP (na parte superior à direita da figura 13), o qual tem como entrada (entrada externa) os dados quantitativos coletados diretamente do processo produtivo. É interessante notar que o APQP alimenta o método CEP assim como é alimentado por este. O APQP define em quais processos deve ser aplicado o CEP. Também alimenta o CEP com as definições das especificações de desempenho dos processos. Estas definições permitem que o CEP avalie a capacidade dos processos. Convém observar neste ponto que a definição do tamanho da amostra e freqüência de amostragem especificamente para o CEP são geradas “por ele mesmo”, ou seja, não vêm de outro método. Isto porque estes critérios são dependentes dos “níveis de controle desejados”, já que o tamanho da amostra influencia os limites de controle. Retroativamente, o CEP alimenta o APQP com a determinação dos índices de capacidade dos processos. Este índice é importante aos projetistas nas atividades de planejamento do produto, pois ao se determinar especificações e acoplamentos entre peças é necessário conhecer os níveis naturais de variabilidade dos processos que estão à disposição no chão-de-fábrica.

Conforme pode ser visto na coluna da esquerda da figura 13 (entradas externas), dentro de todos os métodos selecionados, o APQP é o método que possui o maior número de entradas externas, o que é natural, dada a grande quantidade de atividades que são desenvolvidas com a utilização desta ferramenta, tanto no tocante ao projeto do produto quanto no tocante ao projeto do processo. São entradas do método APQP, as expectativas do cliente com o produto, o dados históricos do produto, as premissas do produto/processo, os padrões de engenharia, as metas de confiabilidade e qualidade, a lista de materiais, o fluxograma preliminar de processo, a lista preliminar de características especiais do produto e do processo, o plano de garantia do produto e a seleção de fornecedores e sub-fornecedores.

O processamento do APQP tem como saídas internas (lado direito da figura 13) as características a serem verificadas, o meio de inspeção, o método de inspeção, os critérios de amostragem (freqüência de amostragem e tamanho da amostra), os procedimentos de trabalho e, as definições das especificações de desempenho dos produtos, elementos que se constituem automaticamente nas entradas necessárias ao processamento das Inspeções e Auditorias de Produto/Processo. Estes por sua vez, têm como saídas dados e informações sobre as falhas e defeitos detectados durante processo produtivo.

Desta forma, abre-se uma alimentação que vai das saídas das Inspeções e Auditorias de Produto/Processo para o método FMEA. O FMEA precisa das informações atuais de falhas para poder realizar uma das etapas de seu processamento, qual seja, ponderar acerca do nível de ocorrência dos modos de falhas e a capacidade de detecção das falhas nos processos.

A saída do método FMEA “meios de detecção e prevenção de falhas” além de entradas para o APQP também se constituem em entradas para as Ferramentas à Prova de Erros e à Prova de Enganos. Na prática, o planejamento das Ferramentas à Prova de Erros e Enganos pode se entrelaçar com o desenvolvimento do FMEA, e ambos os métodos podem ser desenvolvidos conjuntamente. Impedir a ocorrência de falhas potenciais, detectar falhas e bloquear falhas são objetivos comuns a ambos os métodos.

As saídas das Ferramentas à Prova de Erros e à Prova de Enganos (bloqueio de falhas no uso do produto ou bloqueio de falhas durante o processo de fabricação) são entradas do método APQP. Mecanismos criados com vistas à prevenção de falhas no produto e no processo se fazem parte do escopo do método APQP.

O método PSO tem como entradas (externas) dados completos sobre o processo de manufatura do fornecedor. O PSO necessita destas informações para validar o processo de fabricação do fornecedor. Suas saídas (evidências de que o processo do fornecedor é capaz de produzir os produtos conforme as especificações) são requisitos necessários ao APQP. Desta forma, a saída do PSO se constitui em entrada para o método APQP.

Pode-se observar que o método APQP é o único método a fornecer diretamente a primeira das saídas externas, o plano da qualidade do produto e do processo. Esta saída se constitui em um dos objetivos da integração demonstrada: planejar a qualidade do produto e do processo com acentuado grau de cuidado sobre a prevenção de não conformidades e ajustamento dos processos com o objetivo de produzir produtos que se alinhem, da maneira mais perfeita possível, às expectativas dos clientes.

O último método a ser destacado, o MASP, tem como entradas as informações históricas de falhas e confiabilidade e informações atuais sobre falhas no cliente, ambas entradas externas. As informações sobre falhas no cliente podem ser geradas pelo departamento assistência técnica da empresa, por exemplo. Outra entrada para o método de solução de problemas é uma das saídas do FMEA, as informações sobre riscos a serem minimizados. O método de solução de problemas deverá minimizar ou eliminar estes riscos por meio da ação sobre as causas, de modo a se reduzir a probabilidade de ocorrência das falhas potenciais. Dessa forma, uma das saídas do método de solução de problemas é retro-

de falha a partir das mudanças efetivadas. Estas saídas são destacadas na figura como “informações sobre modificações nos sistemas, produtos ou processos e ações preventivas e corretivas”.

Outra entrada do método de solução de problemas são as informações advindas do CEP. O CEP tem como sua principal saída informações sobre a existência de causas especiais agindo nos processos e gerando descontrole. Estas informações direcionam o método de solução de problemas na identificação, investigação e tomada de ações corretivas.

A última entrada para o MASP “são dados e informações sobre falhas detectadas”, que são saídas das Inspeções e Auditorias de Produto/Processo. São informações coletadas no ambiente da fabricação e que são importantes para que o MASP desenvolva um plano de ação e implantação com vistas à eliminação destas falhas.

Pela figura 13 observa-se que segunda saída externa do processamento integrado são geradas pelos métodos QFD, FMEA e pelo MASP. Estas saídas são destacadas como “ações e modificações nos sistemas, produtos ou processos”, representando o segundo ponto de convergência e de interesse do trabalho realizado por meio do processamento integrado: ajustar os processos com o objetivo de produzir produtos que se alinhem, da maneira mais perfeita possível, às expectativas dos clientes.

## **8. CONCLUSÕES**

Em primeiro lugar é preciso esclarecer as limitações do trabalho. A visão integrada aqui proposta é de cunho teórico e não foi avaliada empiricamente por meio de refinamentos e aplicações em situações práticas com vistas à sua validação. Desse modo, a proposta se constitui num corpo de verdades provisórias e, assim, podemos apenas deduzir suas consequências. A validação da integração proposta é passível de testes que a legitimem e que podem ser realizados na forma de estudos de casos, por exemplo.

A seleção e a aplicação de ferramentas da qualidade de maneira fragmentada representam uma prática simplista e errônea por parte das organizações. A abordagem de gerenciamento por processos parte da visão do gerenciamento integrado para propor a descoberta e a solução dos problemas que afetam as empresas, sendo que neste caminho a criatividade é requisito essencial. As ferramentas voltadas à prevenção de defeitos na concepção da qualidade do produto, do processo e do controle do processo, atualmente disponíveis aos gestores, se por um lado se mostram eficazes na obtenção de seus objetivos, por outro lado são tratadas de forma individual. Sem a integração entre as ferramentas, o gerenciamento da qualidade tende a ser um processo fragmentado, incompleto e, portanto

interfaces com outros métodos. Desta forma, o objetivo do trabalho foi identificar e explorar as *interfaces* entre métodos dedicados ao planejamento da qualidade do produto, do processo e à prevenção de não conformidades no ambiente de manufatura.

A abordagem integrativa aqui proposta vem de encontro a essa lacuna gerencial na medida em que identifica e explora as possibilidades de entrelaçamento entre as ferramentas selecionadas. Ao visualizarmos a abordagem integrativa completa, percebe-se que não há sentido em enxergar a qualidade de maneira segmentada, isto é, em planejamento da qualidade por um lado, e em controle da qualidade por outro. Na gestão da qualidade aplicada o que interessa é o processamento das entradas em saídas de forma sucessiva, completa e contínua.

Talvez seja incoerente afirmar que existe algum método que possa ser eleito como o mais importante. Se qualquer um dos métodos fosse suprimido, o resultado do processamento integrado ficaria prejudicado. Porém, a abordagem integrativa evidencia a importância do método APQP no esquema proposto. Pela figura 13, pode-se verificar que o APQP é o método que contém o maior número de entradas dentre todos os métodos destacados. O APQP é uma ferramenta robusta que contempla três vertentes essenciais à prevenção da qualidade: o projeto e desenvolvimento do produto, o projeto e desenvolvimento do processo e a validação do produto e do processo. Dada a extensão do método APQP, ele figura naturalmente como núcleo orbital da maioria dos outros métodos, e como único método que é precedente direto de uma das saídas externas da integração proposta: o plano da qualidade do produto e do processo.

De outra maneira, cabe destacar a importância do método FMEA na proposta integrativa, já que a prevenção de não conformidades foi norteadora do trabalho. O FMEA é o único método que atua efetivamente em falhas potenciais, e é o único método que analisa três elementos importantíssimos para o sistema produtivo: o prejuízo que a falha pode causar ao cliente, a possibilidade de ocorrência da falha e como esta falha pode ser detectada antes que o produto chegue ao cliente. Deste modo, o FMEA oferece à abordagem integrada um caráter preventivo que os outros métodos não são capazes de oferecer. Além disso, o FMEA é um dos métodos que contribui na geração de uma das saídas externas: ações e modificações nos produtos e processos.

O terceiro método a ser destacado é o MASP. O MASP é um método importante no tocante à avaliação da qualidade e à melhoria contínua. Comunica-se diretamente com o método FMEA, recebendo deste informações sobre necessidades de planos para minimização

processos e ações preventivas e corretivas tomadas sobre falhas incidentes. Recebe também informações diretamente do CEP na forma de existência de causas especiais agindo no processo. Além disso, o MASP é um dos três métodos responsáveis por uma das saídas externas: ações e modificações nos produtos e processos.

O quarto método a ser destacado é o QFD. É o único método que recebe informações sobre expectativas dos clientes sobre os produtos, ou seja, é o elo entre a empresa e o consumidor. O QDF tem importante papel no processamento integrado na medida em que alimenta os métodos APQP, FMEA, Teste de Vida Altamente Acelerado e Teste de Resistência em Ambientes Múltiplos. Além disso, o QFD é um dos três métodos responsáveis por uma das saídas externas: ações e modificações nos produtos e processos

Em síntese, o processamento integrado proposto recebe informações sobre expectativas dos clientes, metas de confiabilidade e qualidade, dados e informações do processo produtivo, dados e informações dos fornecedores e informações sobre falhas no cliente para transformar estas entradas em saídas: 1) plano da qualidade do produto e do processo e 2) ações e modificações nos sistemas, produtos e processos.

A proposta integrativa da maneira como foi apresentada não tem grande potencial de aplicação ao setor de serviços dado que muitas ferramentas tratam diretamente com o processamento do que é “tangível”. Porém, dentro do ambiente de fabricação, a proposta fornece uma contribuição à abordagem sistêmica da qualidade, pois a competência para qualidade passa pela definição das atividades que devem ser desempenhadas como funções, independentemente do “departamento” que a executa. Dessa forma, este trabalho fornece uma contribuição sobre a visão do conjunto das técnicas aplicadas de forma integrada e dentro de uma lógica coerente com a meta preestabelecida de planejar a qualidade do produto, do processo e prevenir não conformidades.

## **9. BIBLIOGRAFIA**

ABNT NBR ISO 9001:2008 - *Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos*/Associação Brasileira de Normas Técnicas-Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

AGUIAR, S. *Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa seis sigma.* 2<sup>a</sup> Ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.

AKAO, Y. *Quality Function Deployment: integrating customer requirements into product design.* Cambridge: Productivity Press USA, 1990.

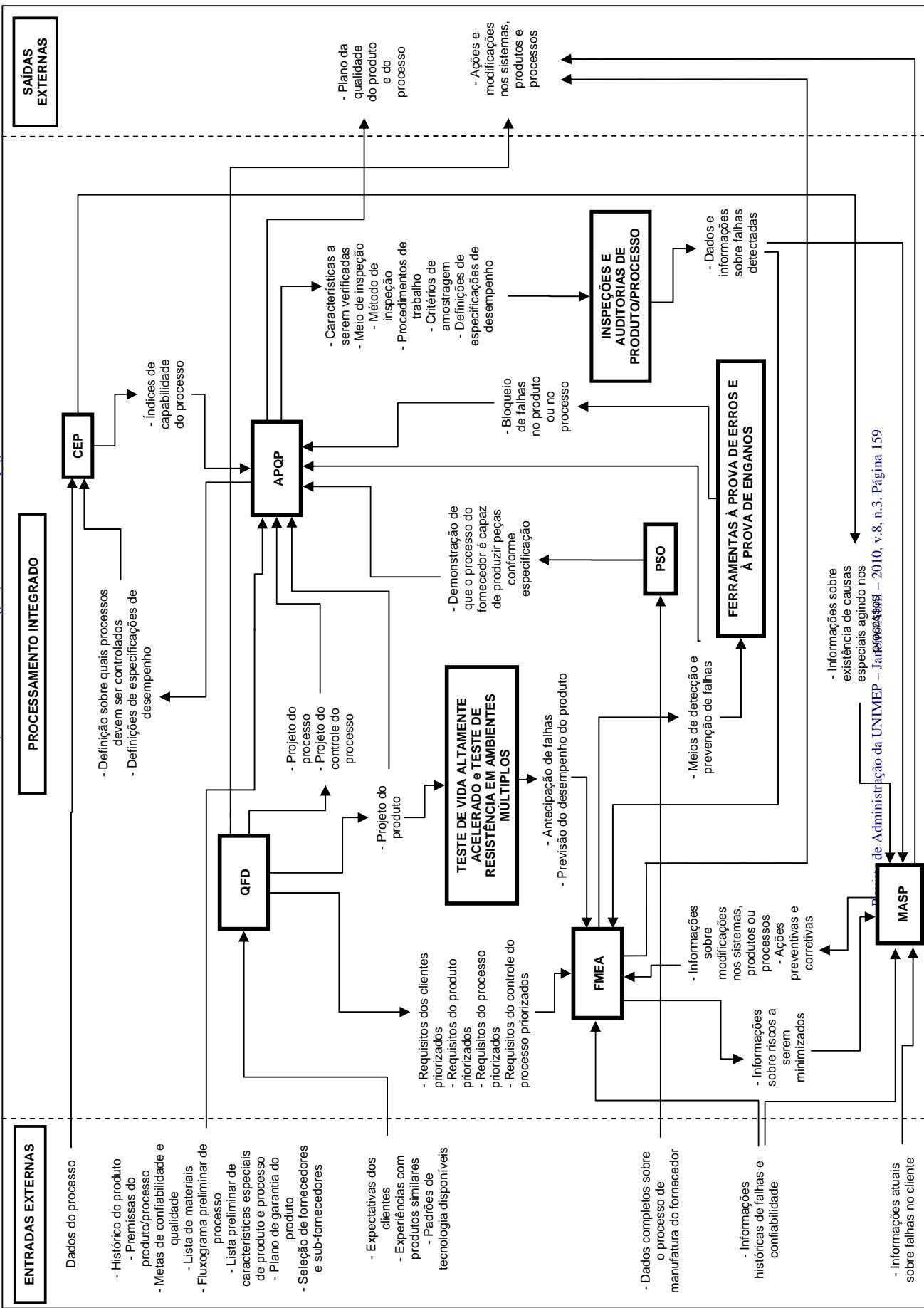
- ALSALEH, N. A. Application of quality tools by the Saudi food industry. *The TQM Magazine*, v.19, n.2, p.150-161, 2007.
- AUTOMOBILINDUSTRIE, Verband der VDA 6.1. *Gerenciamento do Sistema da Qualidade na Indústria Automobilística: Auditoria do Sistema da Qualidade*. São Paulo: IQA – Instituto da Qualidade Automotiva, 1998.
- BERK, J.; BERK, S. *Administração da qualidade total: o aperfeiçoamento contínuo*. São Paulo: IBRASA, 1997.
- BHOTE, K. Quality improvement – a powerful new tool kit for the 21<sup>st</sup> century. *National Productivity Review*, v.16, n.4, p. 29-38, 1997.
- BUNNEY, H. S.; DALE, B. G. The implementation of quality management tools and techniques. *The TQM Magazine*, v.9, n.3, p.183–189, 1997.
- CALARGE, F.; DAVANZO, J. Conceito de dispositivos à prova de erros utilizados na meta do zero defeito em processo de manufatura. *Revista de Ciência e Tecnologia*, v.11, n.21, p.07-18, 2003.
- CAMPAGNARO, C. A. *Proposição de uma estrutura referencial para tratamento de não conformidades em componentes produtivos do setor automotivo*. Curitiba, 2007. 188p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Departamento de Engenharia de Produção – Pontifícia Universidade Católica do Paraná.
- CASTLE, J. A. New methodologies for integrated quality management. *The TQM Magazine*, v.10, n.2, p.83–88, 1998.
- CERVO, A. L; BERVIAN, P, A.; SILVA, R Metodologia científica. São Paulo: Pearson, 2007.
- CHRYSLER CORPORATION, FORD MOTOR COMPANY E GENERAL MOTORS CORPORATION. *Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan*. 1. ed. IQA, 1997. 101 p.
- CHRYSLER CORPORATION. *7 Step Corrective Action Process Manual*. 1.ed. Procurement & Supply, 1997.
- CHRYSLER CORPORATION; FORD MOTOR COMPANY; GENERAL MOTORS CORPORATION. *Requisitos do Sistema da Qualidade QS-9000*. São Paulo: IQA – Instituto da Qualidade Automotiva, 1998.

- DAIMLERCHRYSLER CORPORATION. *Process Sign-Off*. 4. ed. AIAG, 2000.
- FERNANDES, J. M. Uma proposta de integração entre métodos para o planejamento e controle da qualidade. Curitiba: PUCPR, 2005, 145p. *Dissertação* (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Curitiba, 2005
- FERREIRA, D. C.; RODRIGUES, A. M.; REBELATO, M. G. CLETO, M. G. A auditoria de processo como suporte à melhoria contínua: estudo de caso em uma montadora de automóveis. *Produto e Produção*, v.9, n.1, p.76-92, 2008.
- HAVILLAND, P. Analytical Problem Solving. *Annual Quality Congress Proceedings*, v.58, p.273-279, 2004.
- HENSHALL, E. The application of quality techniques: achieving a balance. *Total Quality Management*, v.1, n.3, p.355-363, 1990.
- ISO/TS 16949. Quality systems – automotive suppliers – particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations. International Organization for Standardization, Switzerland, 2002.
- KELLER, C. W. QOS – A simple method for a big or small. *Quality Progress*, Chicago, v.36, n. 9, p.28-39, July 2003.
- KEPNER, C.H.; TREGOE, B.B. *O Novo Administrador Racional*. São Paulo:McGrawHill, 1986.
- KONDO, Y. Quality is the center of integrated management. *Management Auditing Journal*, v.17, n.6, 2002.
- KUME, H. *Métodos estatísticos para a melhoria da qualidade*. 7. Ed. São Paulo: Editora Gente,1993.
- LAURENCE, C. T. Advanced quality planning: a guide for any organization. *Quality Progress*, v.31, n.2, p.73-77, 1998.
- LE BOTERF, G. *Construire les compétences individuelles et collectives: les réponses à 80 questions*. Paris: Éditions D`Organization, 2003.
- LEITNAKER, M.; COOPER, A. Using statistical thinking and design experiments to understand process operation. *Quality Engineering*, v.17, n.2, p. 279-289, 2005.
- LENSS, J. Seven habits of highly effective product development. *Annual Quality Congress Proceedings*, v.56, p. 611-619, 2002.

- LIKER, J. *The Toyota Way*. 1. ed. New York: McGraw-Hill, 2004.
- MARCELLUS, R. On statistical process control design. *The Quality Management Journal*, v.13, n.1, p. 43-57, 2006.
- McQUATER, R.E.; SCURR, C. H.; DALE, B. G.; HILLMAN, P. G. Using quality tools and techniques successfully. *The TQM Magazine*, v.7, n.6, p.37–42, 1995.
- MITRA, A. *Fundamentals of Quality Control and Improvement*. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.
- MONTGOMERY, D. C. *Introduction to statistical quality control*. 3rd ed. New York: J. Wiley & Sons, 1997.
- MOURA, E. *As sete ferramentas gerenciais da qualidade: implementando a melhoria contínua com maior eficácia*. São Paulo: Makron, 1994.
- OVRETVEIT, J. The Norwegian approach to integrated quality development. *Journal of Management in Medicine*, v.15, n.2, p.125-141, 2001.
- PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P., FOUENTE, D. A decision support system for applying failure mode and effects analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Bradford, v.19, n.2, p.137-151, 2002.
- PUJO, P.; PILLET, M. Control by quality: proposition of a typology. *Quality Assurance*, v.9, n.2, p.99-125, 2002.
- REBELATO, M. G.; FERNANDES, J. M. R.; RODRIGUES, A. M. Proposta de integração entre métodos para planejamento e controle da qualidade. *Revista Gestão Industrial*, v.4, n.2, p.162-185, 2008.
- ROONEY, J.; HOPEN, D. On the trial to a solution: part 2 – what is in? what is out? Defining your problem. *The Journal for Quality and Participation*, v.27, n.4, p.34-37, 2004.
- ROSENBERG, T. Assembling products correctly. *Manufacturing Engineering*, v.137, n.1, p.131-140, 2006.
- SILVA, M. M. Aprendizagem organizacional no processo de desenvolvimento de produtos: investigação do conhecimento declarativo no contexto da sistemática de *state-gates*. São Carlos, 2003. 170p. *Dissertação* (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade de São Carlos.

- SIPPER, D.; BULFIN, R. *Production: planning, control and integration.* 1. ed. Singapore: McGraw-Hill Book Co, 1997.
- SMITH, S. *Solve that problem.* London: Kogan Page Limited, 1997.
- STAMATIS, D.H. *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution.* 2a.Ed. ASQ Quality Press, Milwaukee, 2003.
- TERNINKO, J. *Step-by-step QFD: customer-driven product design.* Boca Raton: CRC Press, 1997.
- TORMINATTO, S. Análise da utilização da ferramenta CEP: um estudo de caso na manufatura de autopeças. Campinas, 2004. 106 p. *Dissertação* (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Estadual de Campinas.
- VILLELA, J. R. Validação de processos: um modelo utilizando ferramentas de qualidade e estatísticas. Campinas, 2004. 102 p. *Dissertação* (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Estadual de Campinas.
- WAURZYNSIAK, P. Statistics improve quality. *Manufacturing Engineering*, v.128, n.2, p.39-48, 2002.
- WERKEMA, M. C. *As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos.* Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

**Uma Visão Integrada sobre as Ferramentas Voltadas ao Planejamento da Qualidade do Produto/Processo e à Prevenção de Não Conformidades**  
Marcos Giroto Rebolato, Andréia Marize Rodrigues, Carlos Alberto Campagnaro



**Figura 13 – Esquema de integração entre todos os métodos selecionados**

Artigo recebido em: 20/05/2010

Artigo aprovado em: 11/11/2010