

**MAE0532**  
**CONTROLE ESTATÍSTICO DE**  
**QUALIDADE**

05/08/13

## 1.4. Outros aspectos do controle e da melhoria da qualidade

### 1.4.1. Filosofia da qualidade

**W. E. Deming, J. M. Juran e A. V. Feigenbaum.** Líderes na implementação e filosofia de gerenciamento da qualidade.

**W. E. Deming.** Foi consultor das indústrias japonesas. Convenceu a alta direção das mesmas do poder dos métodos estatísticos e da importância da qualidade como arma de competitividade. Acreditava que a responsabilidade pela qualidade está no gerenciamento. Para mudar é necessário o uso de técnicas estatísticas.

**J. M. Juran.** Um dos criadores do controle estatístico de qualidade. É co-autor (com F. M. Gryna) do *Quality Control Handbook, 1957*, uma referência padrão para os métodos e melhoria da qualidade. Sua filosofia se baseia na organização para mudança e na implementação da melhoria por meio do que ele denomina *avanço gerencial*. Enfatiza menos o uso dos métodos estatísticos do que Deming.

**A. V. Feigenbaum.** Introduziu o Controle da Qualidade Total. Se preocupa mais com a estrutura organizacional (compromisso da gerência para fazer a melhoria da qualidade funcionar) e com uma abordagem de sistemas para a melhoria da qualidade do que com métodos estatísticos. Sugeriu que a maior parte da capacidade técnica fosse concentrada em um departamento especializado em contraste com o ponto de vista mais moderno de que o uso de ferramentas estatísticas deve se generalizar.

## Resumo das três filosofias.

Acentuam

- a importância da qualidade como uma arma competitiva essencial;
- o papel importante que a gerência deve ter na implementação da melhoria da qualidade e
- a importância das técnicas e métodos estatísticos na *transformação da qualidade* de uma organização.

**Gerenciamento da Qualidade Total (GQT).** O GQT é uma estratégia para implementação e gerenciamento das atividades de melhoria da qualidade em toda a organização. Começou nos anos 80, com as filosofias de Deming e Juran. Evoluiu aumentando conceitos e idéias envolvendo organizações participativas, e cultura do trabalho, foco no cliente, melhoria da qualidade do fornecedor, integração do sistema de qualidade com os objetivos da empresa, e muitas outras atividades para focar todos os elementos da organização em torno da melhoria da qualidade.

**Padrões e Registro da Qualidade.** A International Standards Organization (ISO) desenvolveu uma série de padrões de qualidade, incluindo a série ISO 9000. O foco desses padrões é a qualidade do sistema, incluindo componentes como

1. Responsabilidade da gerência pela qualidade
2. Controle de planejamento
3. Controle de documentos e dados
4. Gerência de compras e contratos
5. Identificação e rastreamento do produto
6. Inspeção e teste, incluindo o controle de medidas e inspeção de equipamento

- 7.** Controle do processo
- 8.** Trato de produtos não-conformes, ações corretivas e preventivas
- 9.** Manuseio, estocagem, embalagem e entrega do produto, incluindo atividades de revisão
- 10.** Controle dos registros de qualidade
- 11.** Auditorias internas
- 12.** Treinamento e **13.** Metodologia estatística

**Seis-Sigma.** Produtos de alta tecnologia com muitos componentes têm tipicamente muitas oportunidades para falhas e defeitos. A Motorola desenvolveu seu programa seis-sigma, na década de 80, como resposta à demanda por esses produtos. O foco do programa seis-sigma está na redução da variabilidade nas principais características da qualidade do produto, ao nível no qual falhas e defeitos são extremamente improváveis. Para exemplificar, vamos supor que certa característica da qualidade tenha distribuição normal, com limites de especificação em 3 desvios padrões de cada lado da média. Nesse caso, a probabilidade de se produzir um produto dentro dessas especificações é de 0,9973, o que corresponde a uma probabilidade igual a 0,0027 dele ser defeituoso (**desempenho de qualidade três-sigma**).

Suponhamos que temos um produto que consiste em um conjunto de 100 componentes ou partes que funcionam independentemente e que todas essas 100 partes devem ser não-defeituosas para que o produto funcione satisfatoriamente. Qual é a probabilidade de uma unidade do produto ser não-defeituosa? Essa probabilidade é igual a  $0,9973^{100} = 0,7631$ , ou seja, cerca de 23,7% dos produtos produzidos sob a qualidade três-sigma serão defeituosos. Essa não é uma situação aceitável, pois muitos produtos de alta tecnologia são feitos de milhares de componentes. O conceito seis-sigma preconiza reduzir a variabilidade no processo de modo que os limites de especificação estejam a seis desvios padrões da média. Nesse caso, a probabilidade de um componente ser defeituoso será igual a 0,0000002. Sob a **qualidade seis-sigma** a probabilidade de que uma unidade do produto constituída de 100 componentes seja produzida dentro das especificações é de  $(1 - 0,0000002)^{100} = 0,99998$ , uma situação muito melhor.

A Motorola estabeleceu o seis-sigma tanto como um objetivo para a corporação quanto como um ponto central para os esforços de melhoria da qualidade do processo e do produto. Hoje, essa metodologia já sofreu uma expansão para além da Motorola e passou a abranger muito mais. Tornou-se um programa para melhorar o desempenho dos negócios da empresa, tanto pela melhoria da qualidade, quanto pela atenção à redução de custos.

O programa seis-sigma segue o método **DMAIC** (sigla formada pelas iniciais das palavras inglesas Define, Measure, Analyze, Improve e Control), consistindo das seguintes etapas:

**Definir:** É a fase em que se define quem é o cliente e quais são suas expectativas quanto aos seus produtos e serviços. Nesta fase, definem-se também quais são as limitações para o projeto, o início e o fim do processo, o foco do projeto por meio do fluxo do processo e analisam-se requisitos do cliente e necessidades do negócio, com o objetivo de se identificar os pontos críticos que definirão a escolha dos projetos que serão desenvolvidos;

**Medir:** Desenvolve o plano de coleta de dados relativo ao processo. É nesta etapa que o problema analisado deve ser refinado ou focalizado. Nesta fase são aplicadas as ferramentas estatísticas que medem o desempenho dos processos, permitindo a visualização do estado atual dos mesmos, para a definição das metas de aprimoramento. Certifica-se qual é o foco correto do projeto. Esta etapa é fundamental para que, no futuro, saiba-se se foi obtido sucesso nos projetos de aprimoramento;

**Analisar:** Fase onde são identificadas as diferenças entre o desempenho atual e o desempenho esperado, são identificados pontos de variação e onde priorizam-se oportunidades de melhorias. É a etapa em que são aplicadas as ferramentas estatísticas que permitem descobrir a causa-raiz dos problemas apresentados;

**Aprimorar:** Fase em que são aplicadas as ferramentas estatísticas que permitem aprimorar o processo. Nesta fase devem ser geradas idéias sobre soluções potenciais para a eliminação das causas fundamentais do problema destacadas na etapa anterior. Aqui começa realmente o aperfeiçoamento dos processos, com a eliminação dos erros ou o desenvolvimento e criação de novas soluções por meio de análises e disciplina;

**Controlar:** Etapa em que, através de modificações em sistemas, processos e estruturas, se programam ações de melhoria e previne-se que o desempenho do processo melhorado volte ao desempenho existente antes das ações de melhorias.

## 1.4.2. Qualidade e Produtividade

A fabricação de produtos de alta qualidade no ambiente industrial não é fácil. Um aspecto importante nesse problema é a rápida evolução da tecnologia, que pode ocasionar grandes complicações no projeto e fabricação de produtos de qualidade superior. Em geral, dá-se pouca atenção a se alcançar todas as dimensões de um processo ótimo: economia, eficiência, produtividade e qualidade. A melhoria da qualidade pode contribuir para o aumento da produtividade e a redução de custos.

**Exemplo.** Vamos considerar a fabricação de um componente eletrônico de uma copiadora. Sabe-se que são fabricadas 100 peças por dia.

## Situação inicial.

- $P(\text{Peça fabricada boa})=0,75$
- $P(\text{Peça não-conforme})=0,25$
- $P(\text{Peça boa (retrabalhada)} | \text{ não-conforme})=0,60$
- $P(\text{Peça defeituosa (sucata)} | \text{ não-conforme})=0,40$
- Custo de fabricação de uma peça: \$20; Custo adicional para retrabalhar uma peça: \$4.

Custo médio de fabricação de uma peça:

$$20 \times 0,75 + 20 \times 0,25 \times 0,40 + 24 \times 0,25 \times 0,60 = \$20,60.$$

Custo médio de fabricação de 100 peças:  $100 \times \$20,60 = \$2060$ .

$$P(\text{Peça final boa}) = 0,75 + 0,25 \times 0,60 = 0,90.$$

Número médio de peças finais boas entre 100 =  $100 \times 0,90 = 90$ .

Custo médio por peça final boa =  $\$2060/90 = \$22,89$ .

Suponhamos que seja implementado um procedimento de controle estatístico de processo que reduz a variabilidade de modo que a  $P(\text{Peça não-conforme}) = 0,05$ , a  $P(\text{Peça final boa}) = 0,95 + 0,05 \times 0,60 = 0,98$  e, conseqüentemente, que o Número médio de peças finais boas entre 100 seja igual a 98.

Custo médio de fabricação de 100 peças:

$$100 \times (20 \times 0,95 + 20 \times 0,05 \times 0,40 + 24 \times 0,05 \times 0,60) = \$2012.$$

$$\text{Custo médio por peça final boa} = \$2012/98 = \$20,53.$$

Com a implementação de procedimento obtém-se uma redução de 10,3% no custo de fabricação de uma peça final boa e um aumento na capacidade de produção de 8,9%, sem investimento em novo equipamento, mão-de-obra ou despesas.

### 1.4.3. Custos da qualidade

Todas as empresas realizam um controle financeiro em que comparam os custos reais com os que foram orçados. A partir dos anos 50, muitas organizações passaram a contabilizar os custos da qualidade. Como resultado, tais custos transformaram-se em uma ferramenta de controle financeiro e como auxiliar na identificação de oportunidades de sua redução.

De modo geral, os **custos da qualidade** são categorias de custos associadas a produzir, identificar, evitar ou reparar produtos que não correspondem às especificações. Dividem-se em quatro categorias:

- **Custos de prevenção.** São custos associados a esforços no projeto e fabricação que se dirigem à prevenção de não-conformidade.
- **Custos de avaliação.** São custos associados à medida, avaliação ou auditoria de produtos, componentes e materiais, comprados para garantir a conformidade aos padrões que tenham sido impostos. Incorre-se nestes custos para determinar a condição do produto de um ponto de vista da qualidade e garantir que ele esteja de acordo com as especificações.

- **Custos de falha interna.** São custos assumidos quando produtos, componentes, materiais ou serviços deixam de corresponder às exigências da qualidade e essa falha é descoberta antes da entrega do produto ao cliente. Não existiriam se não houvesse defeitos no produto.
- **Custos de falha externa.** Ocorrem quando o produto não funciona satisfatoriamente depois de entregue ao cliente. Não existiriam se toda unidade do produto correspondesse às especificações.

### 1.4.3.1. Análise e uso dos custos da qualidade

Qual o tamanho dos custos da qualidade? A resposta depende do tipo de organização e do sucesso de seu esforço para a melhoria da qualidade. Em muitas organizações, os custos da qualidade são maiores do que o necessário e a gerência deve fazer esforços continuados para avaliar, analisar e reduzir estes custos.

As análises do custo da qualidade têm como seu principal objetivo a redução do custo através da identificação de oportunidades de melhoria. Isto é realizado, em geral, com a **análise de Pareto**. A análise de Pareto consiste na identificação dos custos da qualidade por categoria, por produto ou por tipo de defeito ou não-conformidade.

Por exemplo, a inspeção da informação sobre o custo da qualidade na Tabela 1, referente a defeitos ou não-conformidades no conjunto de componentes eletrônicos em placas de circuito revela que solda insuficiente gera o custo da qualidade mais alto. A solda insuficiente é responsável por 42% do total de defeitos e responde por quase 52% dos custos de sucata e de retrabalho. Se o processo de solda puder ser melhorado, haverá uma grande redução nos custos da qualidade.

**Tabela 1.** Informação mensal de custos da qualidade para montagens de placas impressas de circuito

Tipo de defeito	Percentual do total de defeitos	Custo de sucata e retrabalho (\$)
Solda insuficiente	42	37.500,00 (52%)
Componentes desalinhados	21	12.000,00
Componentes defeituosos	15	8.000,00
Componentes ausentes	10	5.100,00
Juntas de solda frias	7	5.000,00
Todas as outras causas	5	4.600,00
Total	100	72.200,00

Quanto é possível reduzir nos custos da qualidade? Não é realista esperar que este custo zere. A redução destes custos segue o princípio de Pareto: a maior parte da redução de custos virá do ataque aos poucos problemas que são responsáveis pela maior parte dos custos da qualidade.

Ao fazer a análise dos custos da qualidade e ao formular planos para sua redução, é importante lembrar o papel da prevenção e avaliação. O investimento em prevenção tem um retorno muito maior que o investimento em avaliação.

O método usual de relatar custos da qualidade é em forma de uma razão, na qual o numerador são os valores do custo da qualidade, em alguma unidade monetária, e o denominador é alguma medida de atividade, tal como:

- horas de trabalho direto de produção,
- valor de trabalho direto de produção, em alguma unidade monetária,

- valor do custo de processamento, em alguma unidade monetária,
- valor do custo de produção, em alguma unidade monetária,
- valor das vendas, em alguma unidade monetária,
- unidades produzidas do produto.