



## SME0824 Gestão da Qualidade

### Melhoria da Qualidade

Prof. Cibele Russo

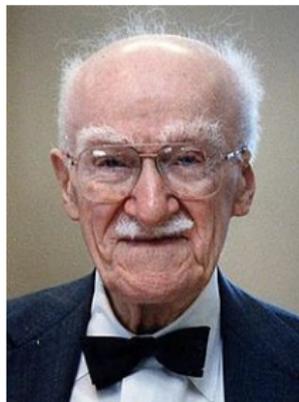
cibele@icmc.usp.br

<http://www.icmc.usp.br/~cibele>

<https://www.youtube.com/cibelerussoUSP>

<sup>1</sup> Baseado em Montgomery (2016), notas de aula do Prof. Francisco Louzada (ICMC USP) e da Profa. Denise Botter (IME USP)

# Filosofias da qualidade



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

Fonte das figuras: Wikipedia

# Filosofias 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**.

# Filosofias 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**.

# Filosofias 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**.

# Filosofias 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**.

# Filosofias da qualidade

- **J. M. Juran.**

Um dos criadores do **controle estatístico de qualidade (CEP)**.

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.

# Filosofias da qualidade

- **J. M. Juran.**

Um dos criadores do **controle estatístico de qualidade (CEP)**.

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.

# Filosofias da qualidade

- **J. M. Juran.**

Um dos criadores do **controle estatístico de qualidade (CEP)**.

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.

# Filosofias da qualidade

- **J. M. Juran.**

Um dos criadores do **controle estatístico de qualidade (CEP)**.

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.

# Filosofias da qualidade

- **J. M. Juran.**

Um dos criadores do **controle estatístico de qualidade (CEP)**.

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.

# Filosofias da qualidade

- **A. V. Feigenbaum.**

Introduziu o **Controle da Qualidade Total**: liderança da qualidade, tecnologia da qualidade e comprometimento organizacional.

**Estrutura organizacional** (compromisso da gerência para fazer a melhoria da qualidade funcionar) e com uma abordagem de **sistemas para a melhoria da qualidade**.

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.

# Filosofias da qualidade

- **A. V. Feigenbaum.**

Introduziu o **Controle da Qualidade Total**: liderança da qualidade, tecnologia da qualidade e comprometimento organizacional.

**Estrutura organizacional** (compromisso da gerência para fazer a melhoria da qualidade funcionar) e com uma abordagem de **sistemas para a melhoria da qualidade**.

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.

# Filosofias da qualidade

- **A. V. Feigenbaum.**

Introduziu o **Controle da Qualidade Total**: liderança da qualidade, tecnologia da qualidade e comprometimento organizacional.

**Estrutura organizacional** (compromisso da gerência para fazer a melhoria da qualidade funcionar) e com uma abordagem de **sistemas para a melhoria da qualidade**.

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.

# Filosofias da qualidade

- **A. V. Feigenbaum.**

Introduziu o **Controle da Qualidade Total**: liderança da qualidade, tecnologia da qualidade e comprometimento organizacional.

**Estrutura organizacional** (compromisso da gerência para fazer a melhoria da qualidade funcionar) e com uma abordagem de **sistemas para a melhoria da qualidade**.

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.

# Semelhanças 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.

# Semelhanças 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.

# Semelhanças 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 ideias 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 englobar todos os elementos da organização em torno da melhoria da qualidade.

# 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 ideias 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 englobar todos os elementos da organização em torno da melhoria da qualidade.

# Padrões e Registro da Qualidade

A Organização Internacional de Normalização (ISO) desenvolveu uma série de padrões de qualidade, incluindo as séries ISO 9000 e ISO 9001.

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

# Padrões e Registro da Qualidade

A Organização Internacional de Normalização (ISO) desenvolveu uma série de padrões de qualidade, incluindo as séries ISO 9000 e ISO 9001.

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

# Padrões e Registro da Qualidade

- 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

## **Leitura complementar essencial:**

[https://pt.wikipedia.org/wiki/ISO\\_9000](https://pt.wikipedia.org/wiki/ISO_9000)

# 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 seus 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.

Veja mais em [https://pt.wikipedia.org/wiki/Seis\\_Sigma](https://pt.wikipedia.org/wiki/Seis_Sigma)

# 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 seus 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.

Veja mais em [https://pt.wikipedia.org/wiki/Seis\\_Sigma](https://pt.wikipedia.org/wiki/Seis_Sigma)

# 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 seus 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.

Veja mais em [https://pt.wikipedia.org/wiki/Seis\\_Sigma](https://pt.wikipedia.org/wiki/Seis_Sigma)

# Seis Sigma

Para exemplificar, suponha 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 das especificações é de 0,9973, o que corresponde a uma probabilidade igual a 0,0027 dele ser defeituoso (desempenho de qualidade três-sigma).

# Seis Sigma

Para exemplificar, suponha 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 das especificações é de 0,9973, o que corresponde a uma probabilidade igual a 0,0027 dele ser defeituoso (desempenho de qualidade três-sigma).

# Seis Sigma

Suponha agora 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.

# Seis Sigma

Suponha agora 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.

# Seis Sigma

Suponha agora 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.

# Seis Sigma

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 0,000002.

Sob a qualidade Seis Sigma a probabilidade de que uma unidade do produto constituída de 100 componentes seja produzida dentro das especificações é de  $(1 - 0,000002)^{100} = 0,99998$ , uma situação muito melhor.

# Seis Sigma

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 0,000002.

Sob a qualidade Seis Sigma a probabilidade de que uma unidade do produto constituída de 100 componentes seja produzida dentro das especificações é de  $(1 - 0,000002)^{100} = 0,99998$ , uma situação muito melhor.

# Seis Sigma

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.

# Seis Sigma

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.

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.

# DMAIC (DMAMC)

O programa Seis Sigma segue o método DMAIC (sigla formada pelas iniciais das palavras em inglês

**D**efine,

**M**easure,

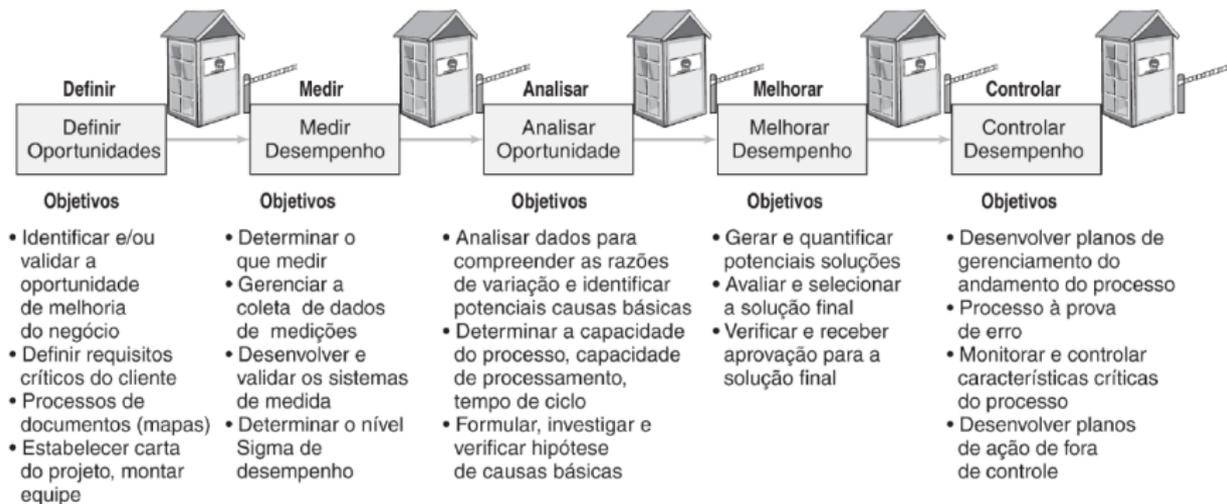
**A**nalyze,

**I**mprove e

**C**ontrol),

consistindo das seguintes etapas:

# DMAIC (DMAMC)



■ FIGURA 2.1 O processo DMAMC.

Fonte da figura: Montgomery (2016).

## 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 negocio, com o objetivo de se identificar os pontos críticos que definirão a escolha dos projetos que serão desenvolvidos;

## 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 negocio, com o objetivo de se identificar os pontos críticos que definirão a escolha dos projetos que serão desenvolvidos;

## 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 negocio, com o objetivo de se identificar os pontos críticos que definirão a escolha dos projetos que serão desenvolvidos;

# DMAIC

## 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;

# DMAIC

## 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;

# DMAIC

## 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;

## 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;

## **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;

## **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;

## Melhorar:

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.

## Melhorar:

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.

## Melhorar:

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.

## Melhorar:

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.

## **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.

# 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 com aplicações 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**.

# 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 com aplicações 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**.

# 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 com aplicações 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**.

# 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 com aplicações 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

Considere 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 reais;

Custo adicional para retrabalhar uma peça: 4 reais.

Calcule o custo médio de uma peça conforme.

## Exemplo

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:  $100 \times 20,60 = 2060$ .

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

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

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

## Exemplo

Suponhamos que seja implementado um procedimento de controle estatístico de processo que reduz a variabilidade de modo que

$$P(\text{Peça não-conforme}) = 0,05,$$

$P(\text{Peça final boa}) = 0,95 + 0,05 \times 0,60 = 0,98$  e portanto o Número médio de peças finais boas entre 100 seja igual a 98.

Custo médio de fabricação de 100 peças:

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

Custo médio por peça final boa =  $2012/98 = 20,53$ .

## Exemplo

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.

# 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.

# Custos da qualidade

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 da qualidade

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 da qualidade

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 da qualidade

- **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.

# Custos da qualidade

- **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.

# 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.

# 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.

# 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.

# 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.

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.

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.

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.

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.

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.

# 1.2. History of Quality Improvement

■ TABLE 1.1

A Timeline of Quality Methods

1700–1900	Quality is largely determined by the efforts of an individual craftsman. Eli Whitney introduces standardized, interchangeable parts to simplify assembly.
1875	Frederick W. Taylor introduces “Scientific Management” principles to divide work into smaller, more easily accomplished units—the first approach to dealing with more complex products and processes. The focus was on productivity. Later contributors were Frank Gilbreth and Henry Gantt.
1900–1930	Henry Ford—the assembly line—further refinement of work methods to improve productivity and quality; Ford developed mistake-proof assembly concepts, self-checking, and in-process inspection.
1901	First standards laboratories established in Great Britain.
1907–1908	AT&T begins systematic inspection and testing of products and materials.
1908	W. S. Gosset (writing as “Student”) introduces the <i>t</i> -distribution—results from his work on quality control at Guinness Brewery.
1915–1919	WWI—British government begins a supplier certification program.
1919	Technical Inspection Association is formed in England; this later becomes the Institute of Quality Assurance.
1920s	AT&T Bell Laboratories forms a quality department—emphasizing quality, inspection and test, and product reliability. B. P. Dudding at General Electric in England uses statistical methods to control the quality of electric lamps.
1922	Henry Ford writes (with Samuel Crowtha) and publishes <i>My Life and Work</i> , which focused on elimination of waste and improving process efficiency. Many Ford concepts and ideas are the basis of lean principles used today.
1922–1923	R. A. Fisher publishes series of fundamental papers on designed experiments and their application to the agricultural sciences.
1924	W. A. Shewhart introduces the control chart concept in a Bell Laboratories technical memorandum.
1928	Acceptance sampling methodology is developed and refined by H. F. Dodge and H. G. Romig at Bell Labs.
1931	W. A. Shewhart publishes <i>Economic Control of Quality of Manufactured Product</i> —outlining statistical methods for use in production and control chart methods.
1932	W. A. Shewhart gives lectures on statistical methods in production and control charts at the University of London.
1932–1933	British textile and woolen industry and German chemical industry begin use of designed experiments for product/process development.

1933	The Royal Statistical Society forms the Industrial and Agricultural Research Section.
1938	W. E. Deming invites Shewhart to present seminars on control charts at the U.S. Department of Agriculture Graduate School.
1940	The U.S. War Department publishes a guide for using control charts to analyze process data.
1940–1943	Bell Labs develop the forerunners of the military standard sampling plans for the U.S. Army.
1942	In Great Britain, the Ministry of Supply Advising Service on Statistical Methods and Quality Control is formed.
1942–1946	Training courses on statistical quality control are given to industry; more than 15 quality societies are formed in North America.
1944	<i>Industrial Quality Control</i> begins publication.
1946	The American Society for Quality Control (ASQC) is formed as the merger of various quality societies. The International Standards Organization (ISO) is founded. Deming is invited to Japan by the Economic and Scientific Services Section of the U.S. War Department to help occupation forces in rebuilding Japanese industry. The Japanese Union of Scientists and Engineers (JUSE) is formed.
1946–1949	Deming is invited to give statistical quality control seminars to Japanese industry.
1948	G. Taguchi begins study and application of experimental design.
1950	Deming begins education of Japanese industrial managers; statistical quality control methods begin to be widely taught in Japan.
1950–1975	Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, and Eiji Toyoda develops the Toyota Production System an integrated technical/social system that defined and developed many lean principles such as just-in-time production and rapid setup of tools and equipment. K. Ishikawa introduces the cause-and-effect diagram.

1950s	Classic texts on statistical quality control by Eugene Grant and A. J. Duncan appear.
1951	A. V. Feigenbaum publishes the first edition of his book <i>Total Quality Control</i> . JUSE establishes the Deming Prize for significant achievement in quality control and quality methodology.
1951+	G. E. P. Box and K. B. Wilson publish fundamental work on using designed experiments and response surface methodology for process optimization; focus is on chemical industry. Applications of designed experiments in the chemical industry grow steadily after this.
1954	Joseph M. Juran is invited by the Japanese to lecture on quality management and improvement. British statistician E. S. Page introduces the cumulative sum (CUSUM) control chart.
1957	J. M. Juran and F. M. Gryna's <i>Quality Control Handbook</i> is first published.
1959	<i>Technometrics</i> (a journal of statistics for the physical, chemical, and engineering sciences) is established; J. Stuart Hunter is the founding editor. S. Roberts introduces the exponentially weighted moving average (EWMA) control chart. The U.S. manned spaceflight program makes industry aware of the need for reliable products; the field of reliability engineering grows from this starting point.
1960	G. E. P. Box and J. S. Hunter write fundamental papers on $2^{k-p}$ factorial designs. The quality control circle concept is introduced in Japan by K. Ishikawa.
1961	National Council for Quality and Productivity is formed in Great Britain as part of the British Productivity Council.
1960s	Courses in statistical quality control become widespread in industrial engineering academic programs. Zero defects (ZD) programs are introduced in certain U.S. industries.
1969	<i>Industrial Quality Control</i> ceases publication, replaced by <i>Quality Progress</i> and the <i>Journal of Quality Technology</i> (Lloyd S. Nelson is the founding editor of <i>JQT</i> ).
1970s	In Great Britain, the NCQP and the Institute of Quality Assurance merge to form the British Quality Association.
1975–1978	Books on designed experiments oriented toward engineers and scientists begin to appear. Interest in quality circles begins in North America—this grows into the total quality management (TQM) movement.

1980s	Experimental design methods are introduced to and adopted by a wider group of organizations, including the electronics, aerospace, semiconductor, and automotive industries. The works of Taguchi on designed experiments first appear in the United States.
1984	The American Statistical Association (ASA) establishes the Ad Hoc Committee on Quality and Productivity; this later becomes a full section of the ASA. The journal <i>Quality and Reliability Engineering International</i> appears.
1986	Box and others visit Japan, noting the extensive use of designed experiments and other statistical methods.
1987	ISO publishes the first quality systems standard. Motorola's Six Sigma initiative begins.
1988	The Malcolm Baldrige National Quality Award is established by the U.S. Congress. The European Foundation for Quality Management is founded; this organization administers the European Quality Award.
1989	The journal <i>Quality Engineering</i> appears.
1990s	ISO 9000 certification activities increase in U.S. industry; applicants for the Baldrige award grow steadily; many states sponsor quality awards based on the Baldrige criteria.
1995	Many undergraduate engineering programs require formal courses in statistical techniques, focusing on basic methods for process characterization and improvement.
1997	Motorola's Six Sigma approach spreads to other industries.
1998	The American Society for Quality Control becomes the American Society for Quality (see <a href="http://www.asq.org">www.asq.org</a> ), attempting to indicate the broader aspects of the quality improvement field.
2000s	ISO 9000:2000 standard is issued. Supply-chain management and supplier quality become even more critical factors in business success. Quality improvement activities expand beyond the traditional industrial setting into many other areas, including financial services, health care, insurance, and utilities. Organizations begin to integrate lean principles into their Six Sigma initiatives, and lean Six Sigma becomes a widespread approach to business improvement.

# Exercícios

- 1 (Montgomery) Suponha que seu negócio esteja operando no nível de qualidade de 4,5 Sigma. Se projetos têm uma taxa de melhoria média de 50% ao ano, quantos anos serão necessários para atingir a qualidade Seis Sigma?
- 2 (Montgomery) Estimou-se que aterrissagens seguras de aviões de carreira são feitas no nível de  $5\sigma$ . Qual o nível de ppm de defeituosos que isso implica?
- 3 Ler sobre Sistemas ISO: Selection and use of the ISO 9000 family of standards, disponível em [e-disciplinas.usp.br](http://e-disciplinas.usp.br).

# Exercícios

- 1 (Montgomery) Suponha que seu negócio esteja operando no nível de qualidade de 4,5 Sigma. Se projetos têm uma taxa de melhoria média de 50% ao ano, quantos anos serão necessários para atingir a qualidade Seis Sigma?
- 2 (Montgomery) Estimou-se que aterrissagens seguras de aviões de carreira são feitos no nível de  $5\sigma$ . Qual o nível de ppm de defeituosos que isso implica?
- 3 Ler sobre Sistemas ISO: Selection and use of the ISO 9000 family of standards, disponível em [e-disciplinas.usp.br](http://e-disciplinas.usp.br).

# Exercícios

- 1 (Montgomery) Suponha que seu negócio esteja operando no nível de qualidade de 4,5 Sigma. Se projetos têm uma taxa de melhoria média de 50% ao ano, quantos anos serão necessários para atingir a qualidade Seis Sigma?
- 2 (Montgomery) Estimou-se que aterrissagens seguras de aviões de carreira são feitos no nível de  $5\sigma$ . Qual o nível de ppm de defeituosos que isso implica?
- 3 Ler sobre Sistemas ISO: Selection and use of the ISO 9000 family of standards, disponível em `e-disciplinas.usp.br`.