



Departamento  
de Engenharia  
de produção



EESC  
Escola de Engenharia  
de São Carlos

USP

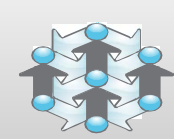
Grupo de Pesquisa em Gestão da Qualidade e Mudança  
*Research Group on Quality and Change Management*

# Introdução à Gestão e Melhoria da Qualidade

Disciplina: SEP-280  
Qualidade Aplicada à Manufatura

**Research Group Leaders:**

Luiz C. R. Carpinetti, Associate Professor  
Mateus C. Gerolamo, Assistant Professor



## Apresentação



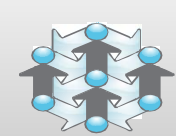


Parte I: A Melhoria da Qualidade no Contexto da Empresa Moderna

# O SIGNIFICADO DE QUALIDADE E DE MELHORIA DA QUALIDADE



- **Qualidade** é uma entidade multifacetada.
- Respostas simples a questões como “*O que é Qualidade?*” ou “*O que é Melhoria da Qualidade?*” não são fáceis!
- Podemos definir **qualidade** de várias maneiras.



- De acordo com Garvin (1984), acadêmicos de quatro grandes grupos de disciplinas têm considerado a **qualidade** de acordo com seus respectivos pontos de vista:



**Filosofia** – focada em questões de definição.



**Economia** – foco em maximização de lucro e equilíbrio de mercado.



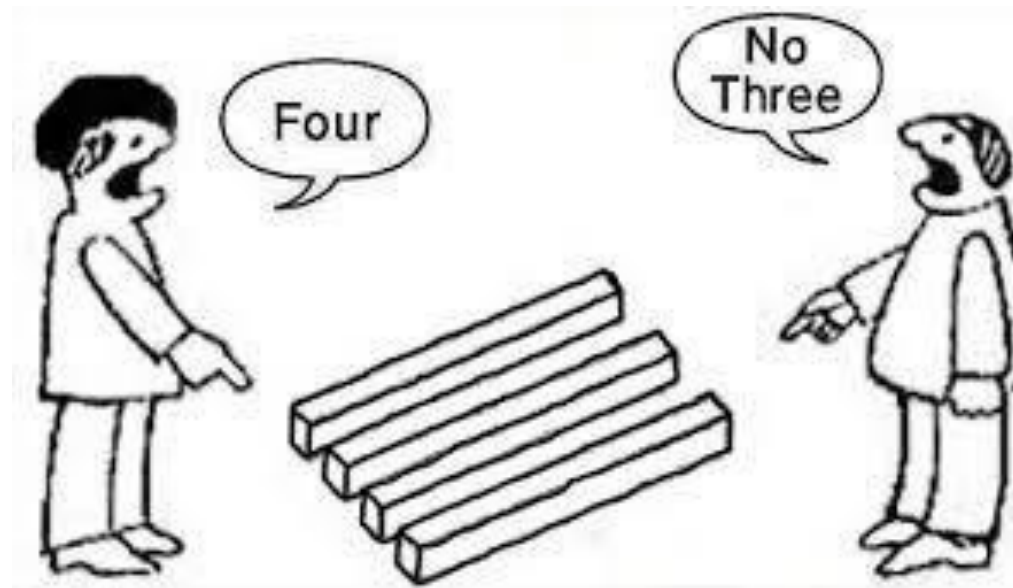
**Marketing** – foco na determinação dos comportamentos de compra e satisfação dos clientes.

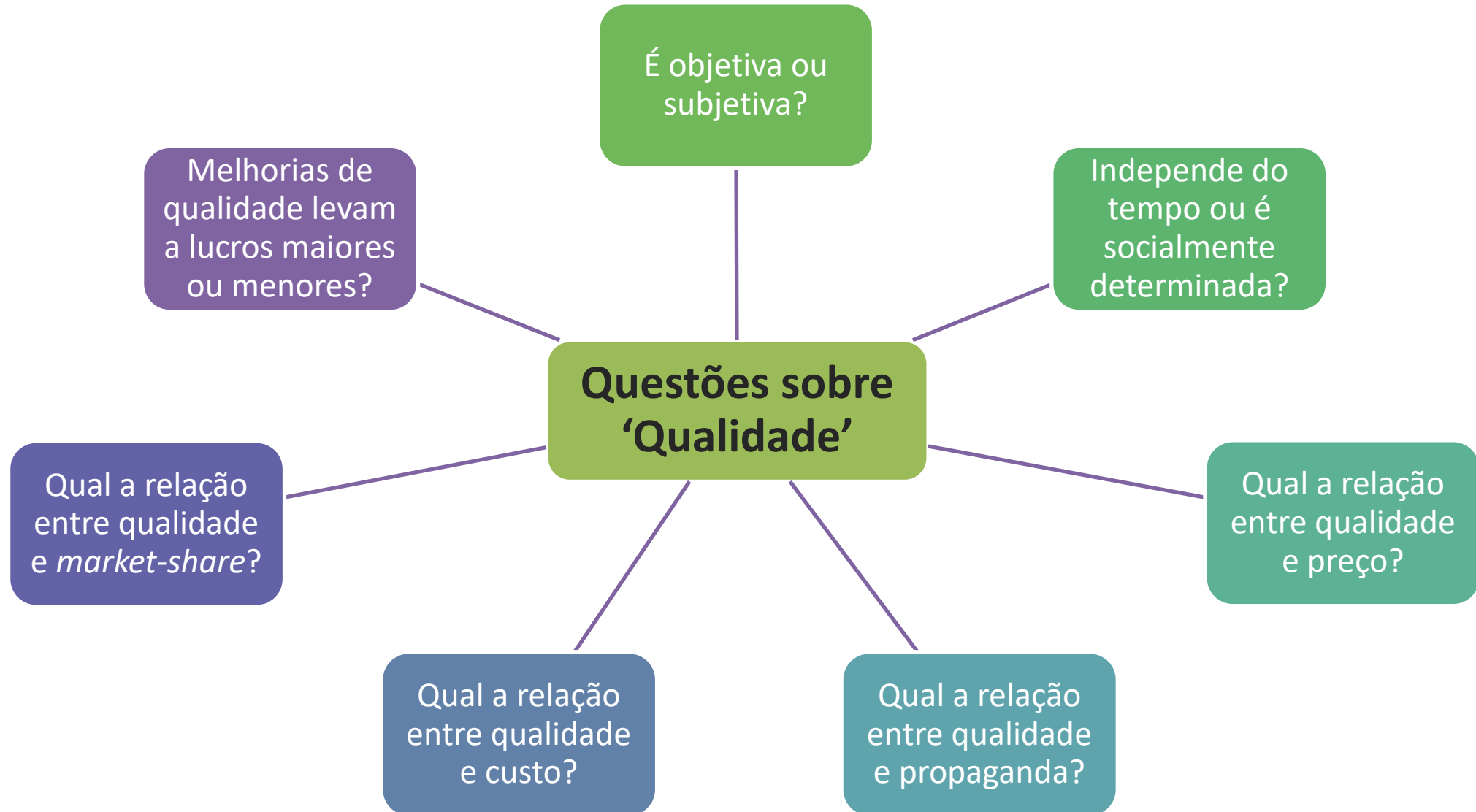


**Gestão de Operações** – com foco em práticas de engenharia e controle de produção.



- Como resultado observa-se um universo de diferentes perspectivas, inclusive conflitantes, cada uma baseada em diferentes modelos analíticos e cada qual empregando suas próprias terminologias.







# 5 Abordagens para Definir Qualidade

## Abordagem Transcendental

Qualidade é sinônimo de “excelência inata”. Ela é absoluta e universalmente reconhecida. É impossível de se analisar e nós aprendemos a reconhecer por meio da experiência.



## Abordagem Baseada no Usuário

Qualidade “posiciona-se nos olhos do cliente”. Diferentes consumidores podem ter diferentes desejos ou necessidades.

## Abordagem Baseada no Produto

Qualidade vista como uma variável precisa e mensurável. Diferenças em qualidade refletem diferenças na quantidade de alguns ingredientes ou atributos possuídos por um produto.



## Abordagem Baseada na Produção

Tem foco nas práticas de engenharia e manufatura. Qualidade é considerada como “conformidade às especificações” e o mote é “fazer o certo da primeira vez”.

## Abordagem Baseada no Valor

Qualidade em termos de custos e preços. É relativa! Qualidade é fornecer desempenho dado um determinado preço ou conformidade dado um determinado custo.





## Abordagens alternativas para a Definição de Qualidade

Abordagens	Definições	Disciplinas-base
Transcendental	Excelência inata	Filosofia
Baseada no Usuário	Satisfação com base em preferencias individuais de consumidores	Economia, Marketing
Baseada no Produto	Quantidade de atributos desejáveis	Economia, Marketing
Baseada na Produção	Conformidade com os requisitos	Gestão de Operações
Baseada no Valor	Excelência acessível	Economia, Gestão de Operações



Dimensão	Questão Chave
1. Desempenho	O produto realizará a tarefa pretendida?
2. Características	O que o produto faz? Que atributos o produto possui?
3. Confiabilidade	Qual a frequência de falhas do produto?
4. Conformidade com as Especificações	O produto é feito conforme especificado em projeto?
5. Durabilidade	Quanto tempo o produto durará? Tempo de uso?
6. Assistência Técnica	Qual a facilidade para se consertar o produto?
7. Estética	Qual a aparência do produto?
8. Qualidade Percebida	Qual é a reputação da companhia ou de seu produto?



- A coexistência de diferentes abordagens tem implicações importantes e ajuda a explicar as visões conflitantes de qualidade comumente observadas, por exemplo, entre os membros do departamento de *marketing* ou de manufatura.

## Pessoal de marketing:

- Usuário
- Produto
- Desempenho
- Características
- Demanda maiores custos
- Fábrica menos importante



## Pessoal da manufatura:

- Conformidade às especificações
- “Fazer o certo na primeira vez”
- Reduções de custos



- Visões diferentes geram conflito!
- A coexistência de perspectivas conflitantes devem ser abertamente conhecidas.
- Progressos requerem o reconhecimento de que um grupo está empregando uma definição para a qualidade enquanto o outro grupo está empregando uma outra abordagem.





- Esforços de melhoria podem ser paralisados caso a coexistência dessas perspectivas conflitantes não sejam abertamente conhecidas.
- Embora haja esse potencial para conflitos, as **empresas necessitam cultivar essas diferentes perspectivas**, pois tal diversidade é essencial para a conquista bem sucedida de produtos de alta qualidade.
- A dependência em uma simples definição (visão míope) sobre a qualidade será frequentemente uma fonte de problemas!



De acordo com Garvin (1984) as características que guiarão a qualidade devem **primeiramente ser identificadas por meio de pesquisa de mercado (uma abordagem de qualidade baseada no usuário)**; essas características devem então ser traduzidas em atributos identificáveis do produto (abordagem baseada no produto); e assim o processo de manufatura deve ser organizado para garantir que os produtos serão feitos precisamente de acordo com suas especificações (abordagem baseada na produção). Um processo que ignore qualquer um desses passos não resultará em um produto de qualidade. Todas essas três visões são necessárias e devem ser continuamente cultivadas.

**Atualmente a importância do Cliente na definição da Qualidade é incontestável!**



Requisitos dos clientes

**Qualidade precisa considerar Adequação ao Uso**



desdobramento

**Projeto**

**Conformidade**



**Qualidade do Projeto**

Produto / Serviço

**Qualidade de Conformação**

Processo / Manufatura



Falta de educação formal quanto à metodologia da engenharia da qualidade.

Ausência de uma “abordagem focada no usuário”.

Menor ênfase no consumidor e prioriza-se uma abordagem da qualidade mais como “conformidade às especificações”.

Crença generalizada de que qualidade é um problema que pode ser resolvido totalmente na manufatura, ou que a única maneira de se melhorar a qualidade é “adornando” o produto.





# Qualidade Aplicada à Manufatura



Montgomery (2004) apresenta, dessa forma, uma definição mais moderna de qualidade sob o ponto de vista da manufatura:

**Qualidade é inversamente proporcional à variabilidade!**

- Essa definição implica que se a variabilidade nas características importantes de um produto decresce, a qualidade do produto aumenta.

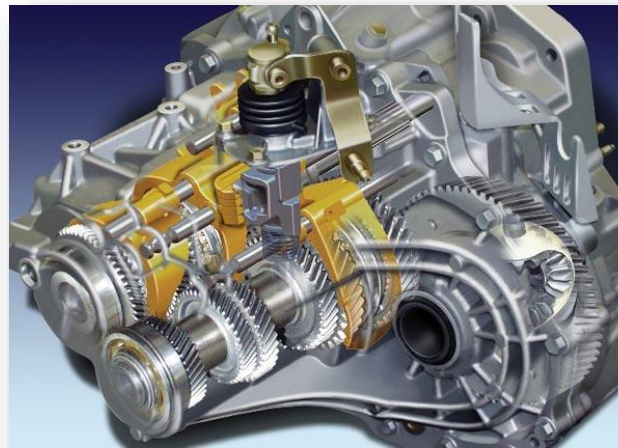


## Caso: Toyota *versus* Ford (Montgomery, 2004, p. 3-4)

Qualidade é inversamente proporcional à variabilidade!

No caso de Transmissões de Automóveis:

- Ruído na transmissão significa energia desperdiçada causada por componentes que não se encaixam perfeitamente;
- Componentes imprecisos podem implicar em quebras;

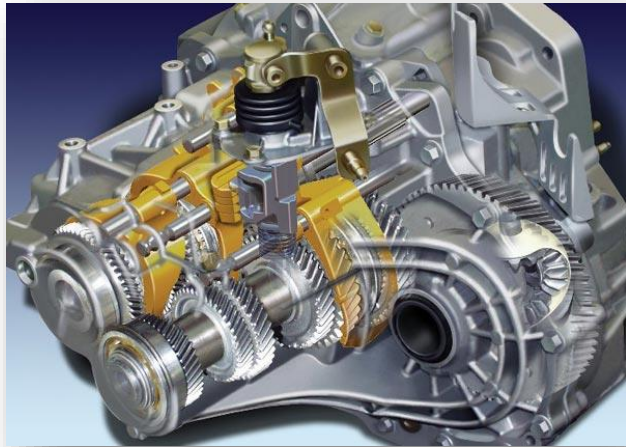


Sistema de transmissão p/ automóveis

A empresa americana decidiu realizar um estudo comparativo entre a transmissão fabricada em uma fábrica nos EUA e a fornecida pelo fabricante japonês.

## Caso: Toyota *versus* Ford (Montgomery, 2004, p. 3-4)

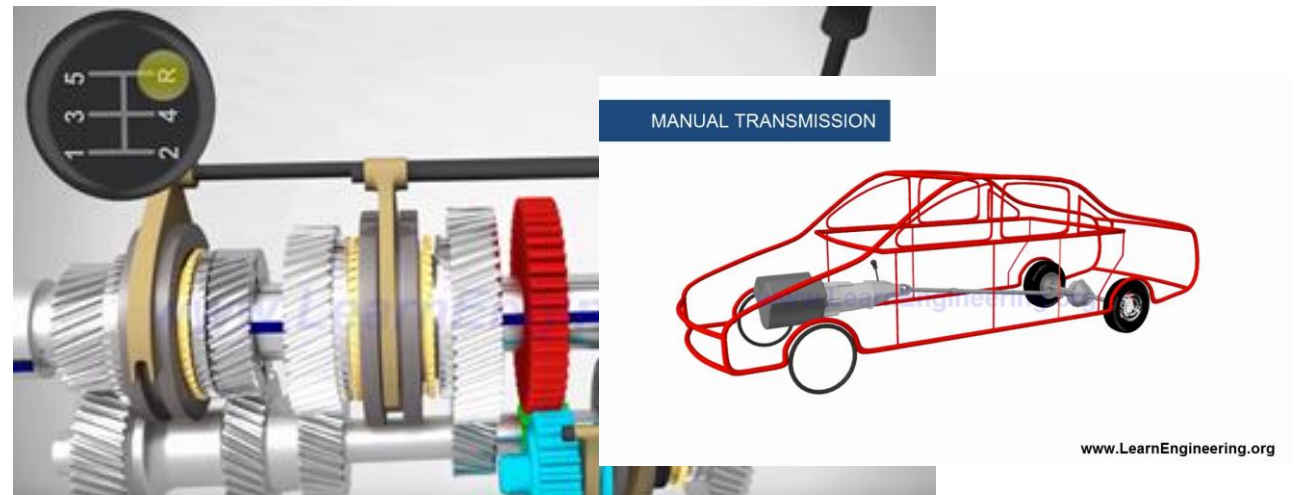
Qualidade é inversamente proporcional à variabilidade!



Sistema de transmissão p/ automóveis

*Manual Transmission, How it works ?*

<https://www.youtube.com/watch?v=wCu9W9xNwtI>



## Caso: Toyota versus Ford (Montgomery, 2004, p. 3-4)

Qualidade é inversamente proporcional à variabilidade!

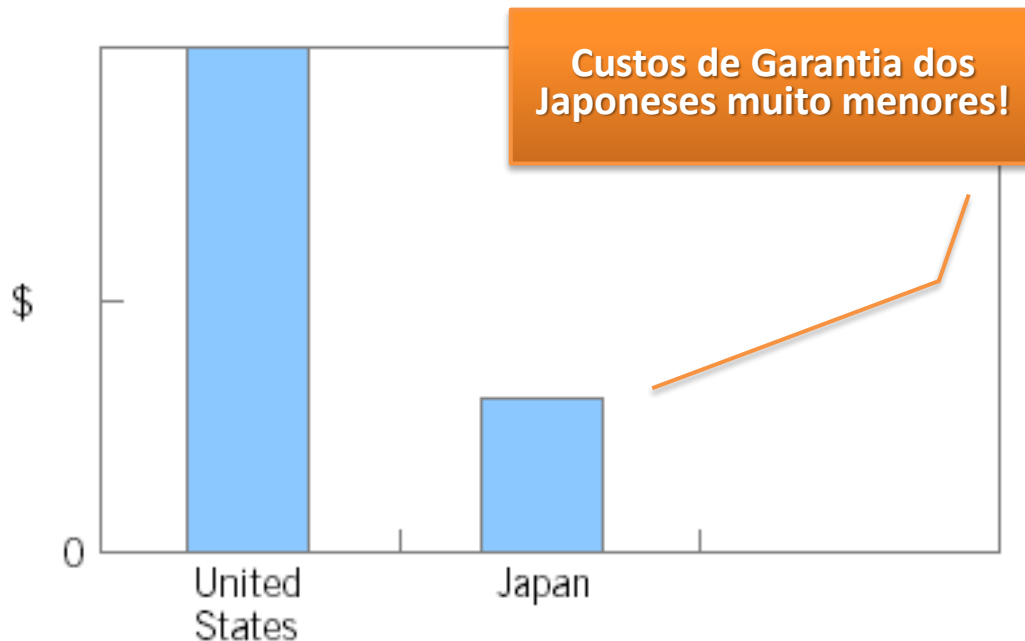


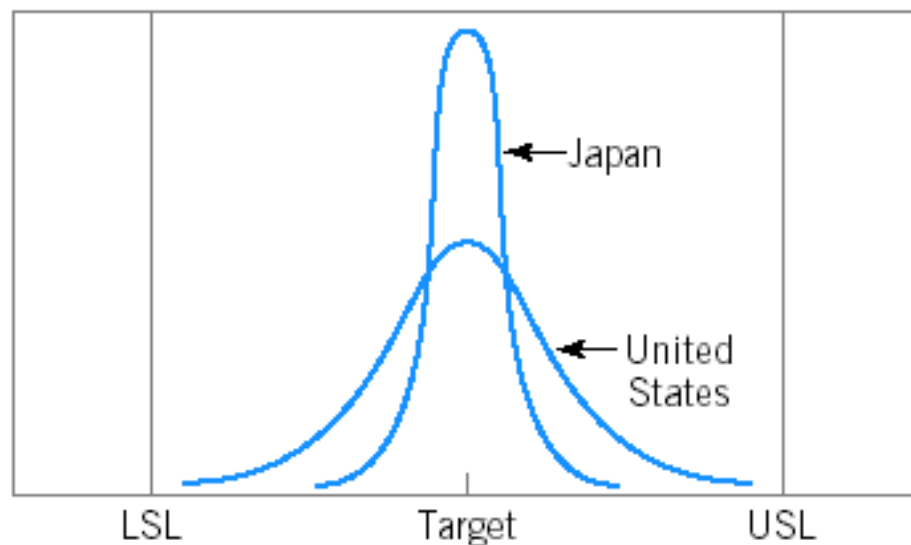
Figura: Custos de Garantia para Transmissões

A análise dos termos de garantia e dos custos de reparo mostrou que havia uma diferença evidente entre as duas fontes de produção, tendo a transmissão japonesa custos muito menores.

Como parte do estudo para detectar a causa dessa diferença no custo e desempenho, a companhia selecionou amostras aleatórias de transmissões de cada fábrica, desmontou-as, e mediu várias características críticas da qualidade.

## Caso: Toyota *versus* Ford (Montgomery, 2004, p. 3-4)

Qualidade é inversamente proporcional à variabilidade!



Distribuições das Dimensões Críticas para Transmissões

Observou-se muito menos variação nas características críticas de qualidade nas transmissões fabricadas pelos japoneses em comparação com as fabricadas pelos EUA.

Para os Japoneses, variabilidade reduzida se traduzia diretamente em menores custos. Além disso, as transmissões japonesas passavam as marchas muito mais suavemente, rodavam mais silenciosamente, e eram, em geral, percebidas pelos consumidores como superior quando comparada com as transmissões americanas.



## Caso: Toyota *versus* Ford (Montgomery, 2004, p. 3-4)

**Qualidade é inversamente proporcional à variabilidade!**

Menos reparos e termos de garantia significam menos retrabalho e redução de gastos de tempo, esforço e dinheiro.

**“Seu cliente não enxerga a média do seu processo, ele apenas vê a variabilidade em torno do alvo que você não removeu do processo.”**



- **Qualidade** é portanto inversamente proporcional à **variabilidade** e pode, também, ser traduzida com precisão em uma linguagem que todos (particularmente gerentes e executivos) entendem, isto é, **dinheiro!**
- A variabilidade excessiva no desempenho de um processo resulta, em geral, em **desperdício**.

**Isso nos leva a definição de melhoria da qualidade:  
redução de variabilidade nos processos e produtos.**

- Uma definição alternativa e altamente útil é a de que a **melhoria da qualidade** é a **redução do desperdício**.



Impacto da má qualidade está cada vez mais perigoso

*Ford Ecosport problemática! Carro novo dando dor de cabeça*

<https://www.youtube.com/watch?v=xvgVGkJncJE> (8 minutos)



Publicado em 11 de ago de 2014 – 97.705 visualizações em 04/08/2015

150.425 em 04/08/2016 / 213.932 em 03/08/2017 / 254.381 em 31/07/2018 / 273.236 em 01/08/2019





## Terminologia de Engenharia da Qualidade

- A **Engenharia da Qualidade** é o conjunto de atividades operacionais, de gerenciamento e de engenharia que uma companhia usa para garantir que as características da qualidade de um produto estejam nos níveis nominais exigidos.





## Terminologia de Engenharia da Qualidade



- Há certa quantidade de **variabilidade** em todo produto; assim dois produtos nunca são exatamente idênticos.
- As **fontes dessa variabilidade** incluem diferenças:
  - nos materiais,
  - no desempenho e operação dos equipamentos de manufatura, e
  - na maneira como os operadores realizam suas tarefas.



## Terminologia de Engenharia da Qualidade



- Como a variabilidade só pode ser descrita em termos estatísticos, os **métodos estatísticos** desempenham papel central nos esforços para a melhoria da qualidade.
- Na aplicação de métodos estatísticos à engenharia da qualidade, é típico classificarem-se os dados sobre características de qualidade como **variáveis** ou como **atributos**:
  - Os dados de **variáveis** são usualmente medidas contínuas, tais como comprimento, voltagem ou viscosidade;
  - Os dados de **atributos**, por outro lado, são usualmente dados discretos, em geral sob a forma de contagem.



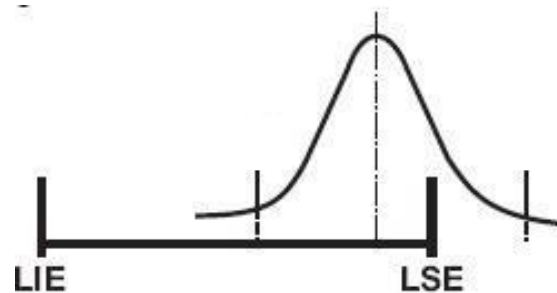
## Terminologia de Engenharia da Qualidade

- As características de qualidade são, quase sempre, avaliadas em relação a **especificações**.
- Para um produto manufaturado, as especificações são as **medidas desejadas** para as características de qualidade dos componentes ou das submontagens de que se constitui o produto, bem como os **valores desejados** para as características de qualidade no produto final.
- Nas indústrias de serviços, as especificações são, tipicamente, em termos de tempo máximo para processar uma ordem ou providenciar um serviço particular.

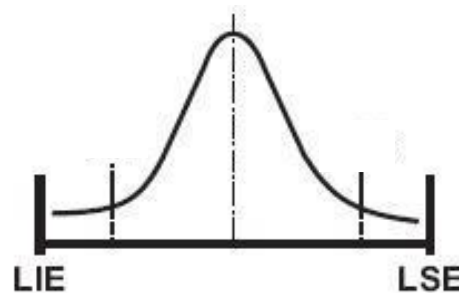


## Terminologia de Engenharia da Qualidade

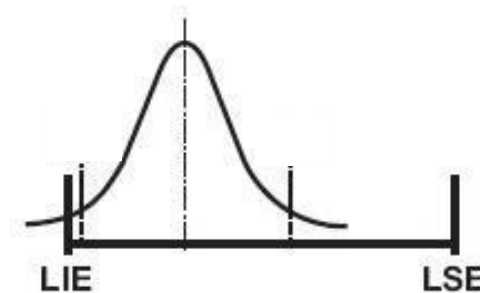
- **valor nominal ou valor-alvo (especificado).**
- **limite superior de especificação (LSE),**
- **limite inferior de especificação (LIE).**



SITUAÇÃO X

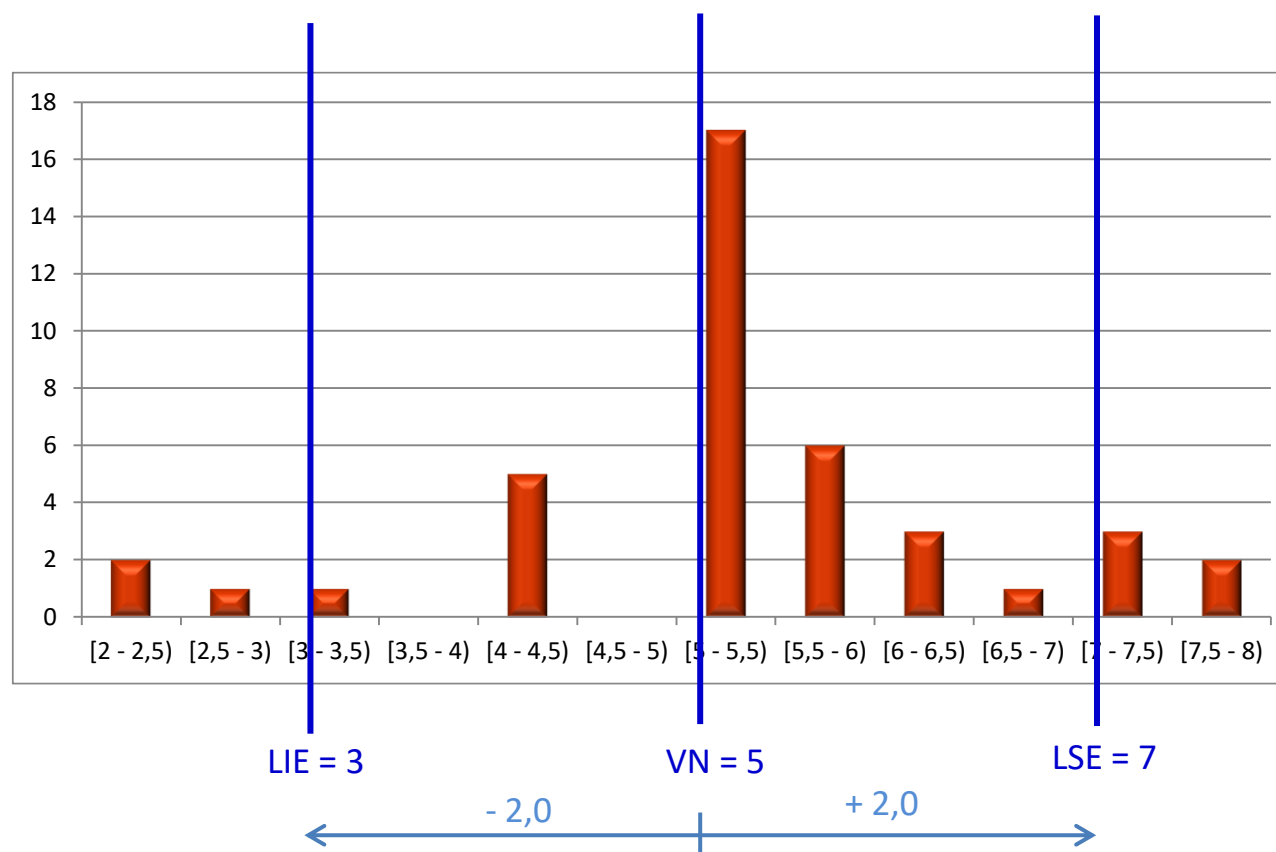


SITUAÇÃO Y



SITUAÇÃO Z

## Caso Aluno Média Ponderada 5,6

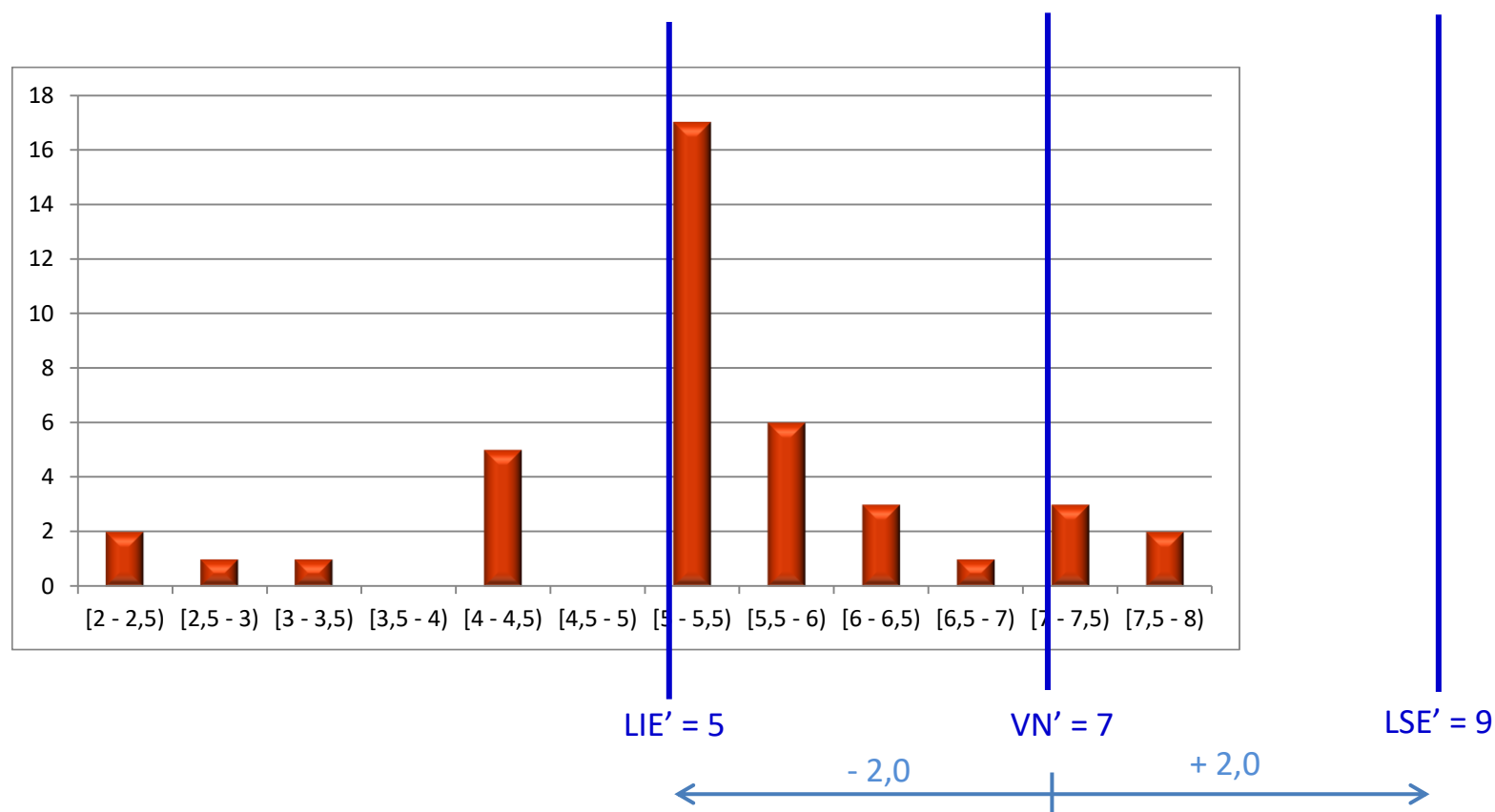


Ernesto





## Caso Aluno Média Ponderada 5,6





Parte I: A Melhoria da Qualidade no Contexto da Empresa Moderna

# MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA O CONTROLE E A MELHORIA DA QUALIDADE



- Este curso é concentrado na tecnologia estatística e de engenharia que é útil na melhoria da qualidade.
- Especificamente, focalizamos três áreas principais:
  - **Amostragem de Aceitação / Inspeção;**
  - **Controle Estatístico de Processos; e**
  - **Planejamento de Experimento.**





- **Amostragem de Aceitação / Inspeção;**
- Controle Estatístico de Processo; e
- Planejamento de Experimentos.

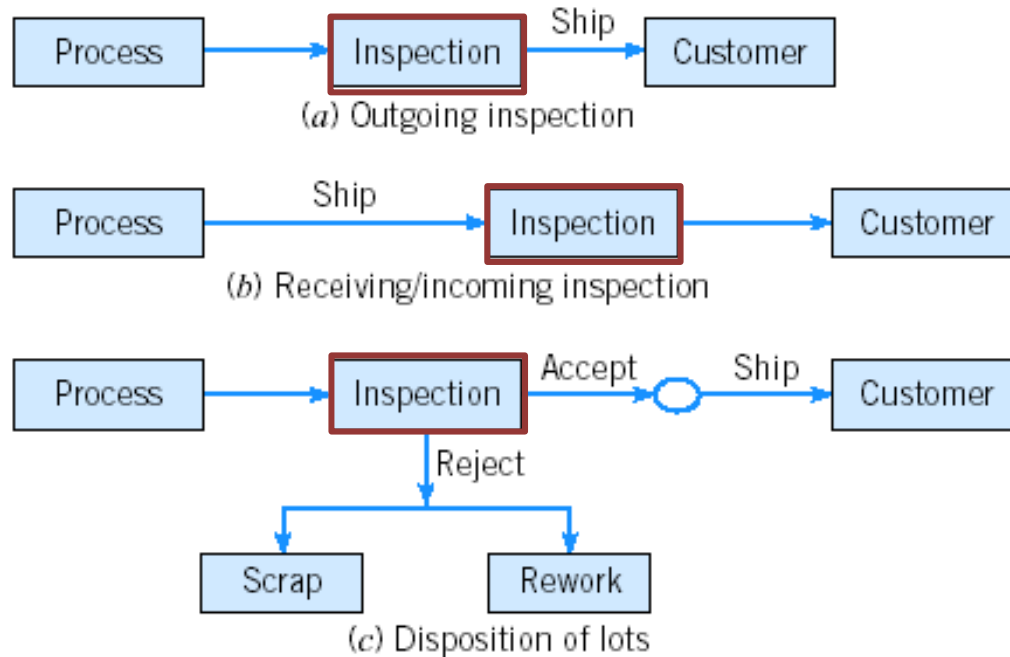




- A **amostragem de aceitação** pode ser definida como a **inspeção e classificação** de uma amostra de unidades selecionadas aleatoriamente de uma remessa ou lote maior;
- A decisão final sobre o destino do lote, ocorre, em geral, em dois pontos:
  - na entrada de matérias-primas ou componentes, ou
  - na produção final.



- A figura mostra diferentes variações de amostragem de aceitação.



### (a) Inspeção na Saída

Operação de inspeção feita imediatamente após a produção, antes de o produto ser embarcado para o cliente.

### (b) Inspeção na Recepção / Entrada

Tiram-se amostras de vários lotes do produto assim que são recebidos do fornecedor.

### (c) Disposição dos Lotes

Decisões sobre o destino de lotes são ilustradas na parte (c) da figura. Lotes dos quais se extraíram amostras podem ser aceitos ou rejeitados. Os itens de um lote rejeitado são normalmente descartados ou reciclados, ou podem ser retrabalhados ou substituídos por unidades perfeitas. No último caso, temos o que se chama de **inspeção de retificação**.

Figura: Variações da Amostragem de Aceitação



- Amostragem de Aceitação / Inspeção;
- **Controle Estatístico de Processo;** e
- Planejamento de Experimentos.



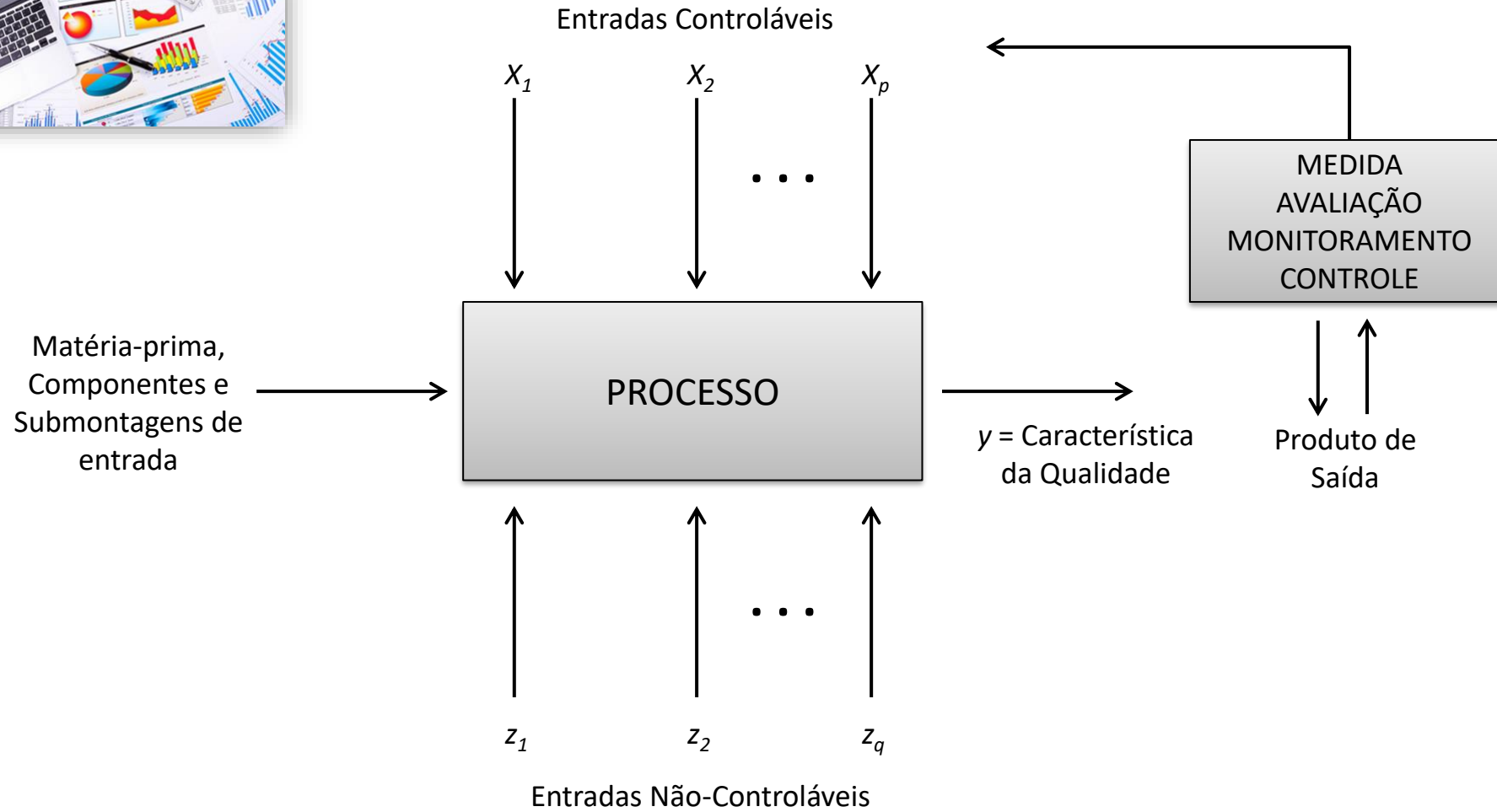
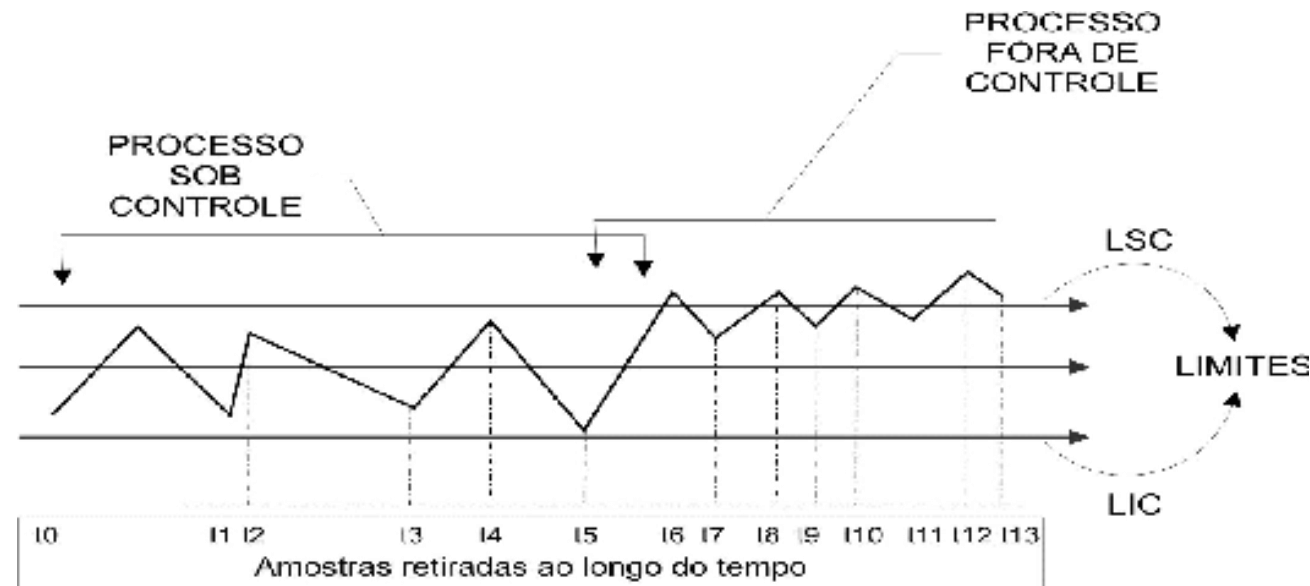


Figura: Entradas e Saídas de Um Processo de Produção

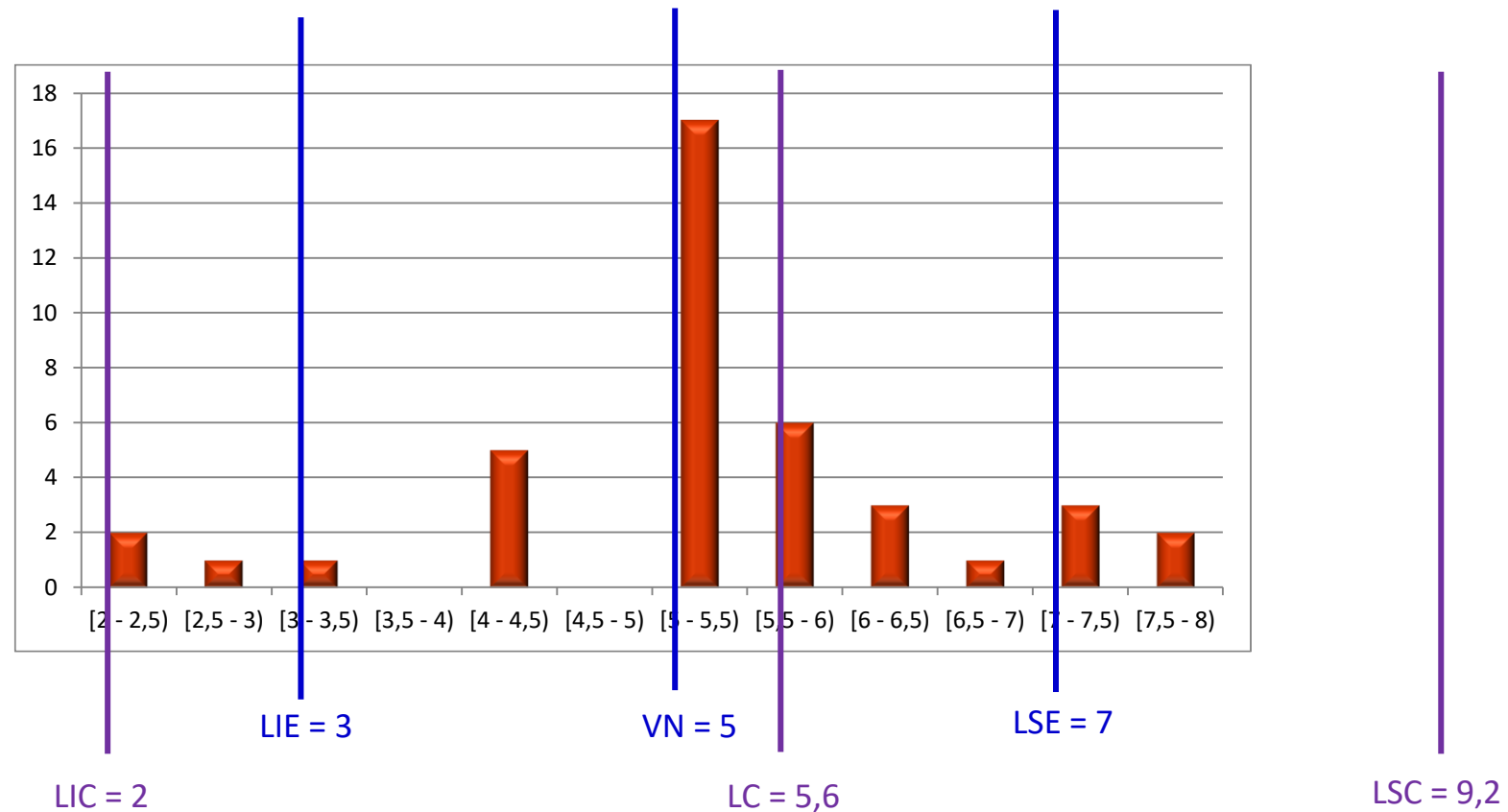




- Um **gráfico de controle** é uma das técnicas principais do **Controle Estatístico do Processo** ou **CEP**. O gráfico abaixo ilustra um típico gráfico de controle.



## Caso Aluno Média Ponderada 5,6





- O gráfico de controle é uma **técnica de monitoramento do processo** muito útil; quando fontes não usuais de variabilidade estão presentes, as médias amostrais serão plotadas fora dos limites de controle.
- Isto é um **signal** da necessidade de alguma investigação do processo e de que alguma ação corretiva deve ser tomada para a remoção dessas fontes não-usuais de variabilidade.
- O uso sistemático do gráfico de controle é um excelente modo de reduzir a variabilidade.



- Um **experimento planejado** é extremamente útil na descoberta das variáveis-chave que influenciam as características da qualidade de interesse no processo.
- Um experimento planejado é uma abordagem de variação sistemática de fatores de entrada controláveis no processo e de determinação do efeito que esses fatores têm nos parâmetros do produto de saída.
- Experimentos estatisticamente planejados são valiosos na redução da variabilidade nas características da qualidade e na determinação dos níveis das variáveis controláveis que otimizam o desempenho do processo.



- Um tipo importante de experimento planejado é o **desenho fatorial**, no qual variam-se todos os fatores de tal modo que todas as combinações possíveis dos níveis dos fatores são testadas.





- $p = 2$  fatores na Figura (a)  $x_1$  e  $x_2 \rightarrow$  fatores controláveis
- Níveis = 2 (baixo e alto)

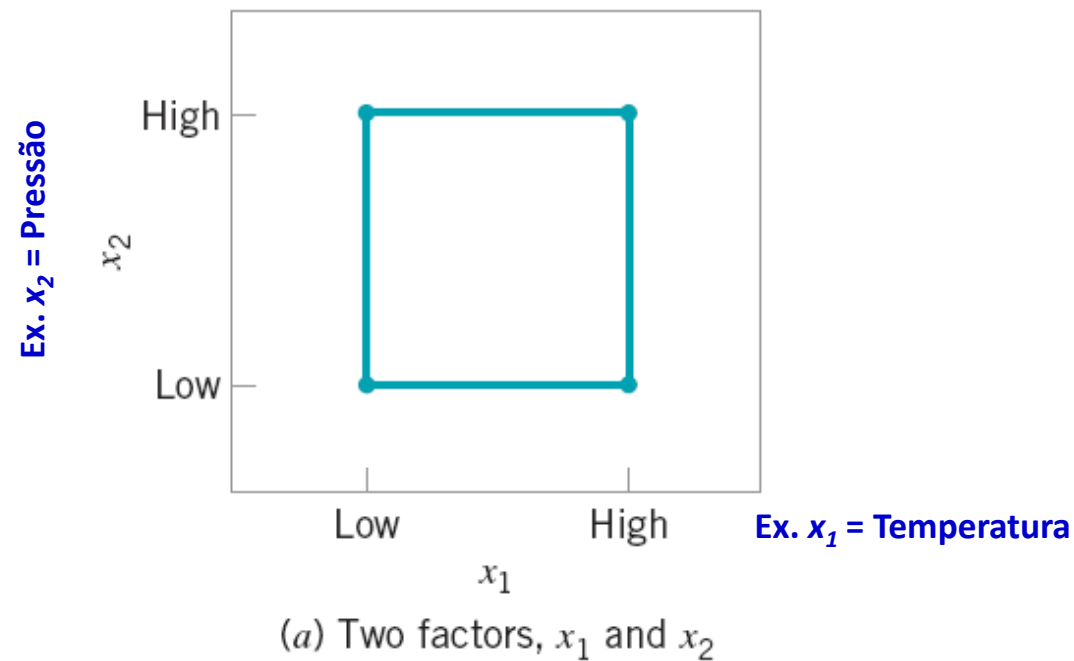


Figura: Desenhos Fatoriais para o Processo c/ (a) = 2 fatores  $x_1$  e  $x_2$ .



- $p = 3$  fatores na Figura (a)  $x_1, x_2$  e  $x_3 \rightarrow$  fatores controláveis
- Níveis = 2 (baixo e alto)
- $T$  = Valor-Alvo para variável de saída ( $y$ )

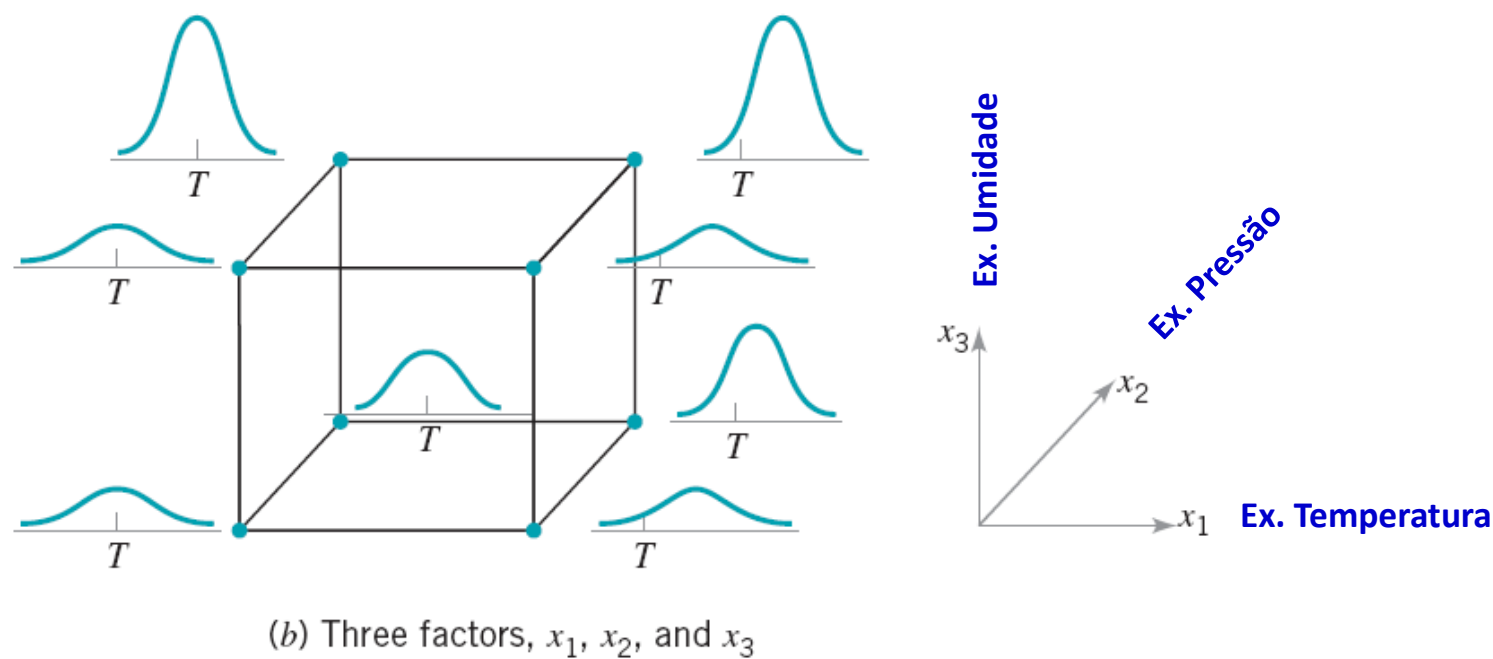
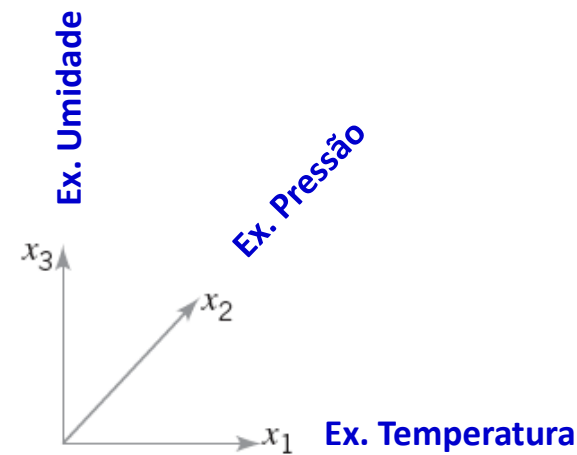
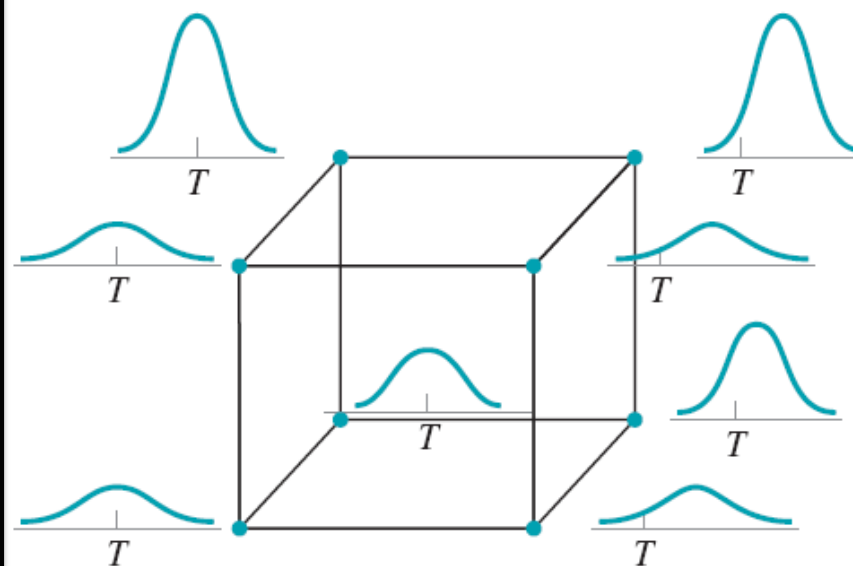


Figura: Desenhos Fatoriais para o Processo c/ (b) = 3 fatores  $x_1, x_2$  e  $x_3$ .



- $p = 3$  fatores na Figura (a)  $x_1, x_2$  e  $x_3 \rightarrow$  fatores controláveis
- Níveis = 2 (baixo e alto)
- $T =$  Valor-Alvo para variável de saída ( $y$ )

**Resposta:**  
Qual a melhor combinação entre os níveis de cada variável para o processo em análise? Por que?



(b) Three factors,  $x_1, x_2$ , and  $x_3$

Figura: Desenhos Fatoriais para o Processo c/ (b) = 3 fatores  $x_1, x_2$  e  $x_3$ .

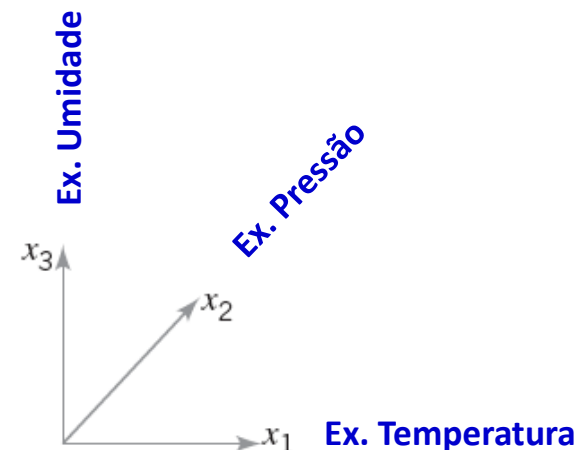
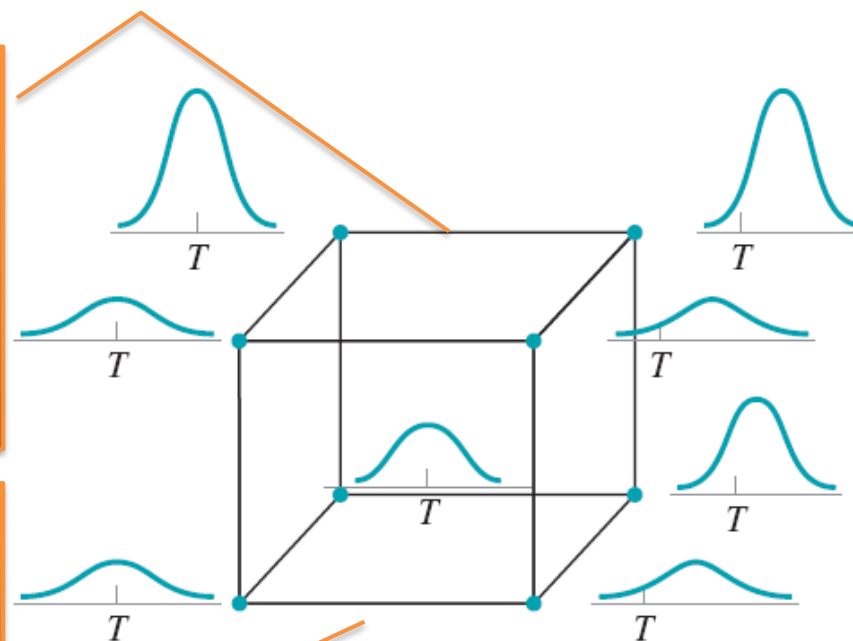




- $p = 3$  fatores na Figura (a)  $x_1, x_2$  e  $x_3 \rightarrow$  fatores controláveis
- Níveis = 2 (baixo e alto)
- $T$  = Valor-Alvo para variável de saída ( $y$ )

A variabilidade do processo parece ser substancialmente reduzida quando operamos o processo ao longo a aresta posterior e superior do cubo, onde  $x_2$  e  $x_3$  estão em seus níveis mais altos.

Aumentando  $x_1$  de baixo para alto, aumenta o nível médio de saída do processo (variável  $y$ ) e isso poderia mudá-lo para fora do valor-alvo ( $T$ ).



(b) Three factors,  $x_1, x_2$ , and  $x_3$

Figura: Desenhos Fatoriais para o Processo c/ (b) = 3 fatores  $x_1, x_2$  e  $x_3$ .



- Os experimentos planejados são uma importante ferramenta ***off-line*** de controle de qualidade, porque são usados, em geral, nas atividades de desenvolvimento e nos estágios iniciais da manufatura, e não como um procedimento ***on-line*** ou **durante o processo**.
- Desempenham um papel crucial na redução da variabilidade.



- Os sistemas modernos de garantia da qualidade usualmente dão menos ênfase à amostragem de aceitação, e tentam fazer do controle estatístico do processo e do planejamento de experimentos o foco de seus esforços.
- A amostragem de aceitação tende a reforçar a noção de qualidade como “conformidade com especificações”, e não fornece qualquer informação seja para o processo de produção seja para a engenharia de planejamento e desenvolvimento, o que levaria, necessariamente, a uma melhoria da qualidade.

- Quanto ao uso das técnicas de engenharia da qualidade, pode-se dizer que há um processo de evolução típico.

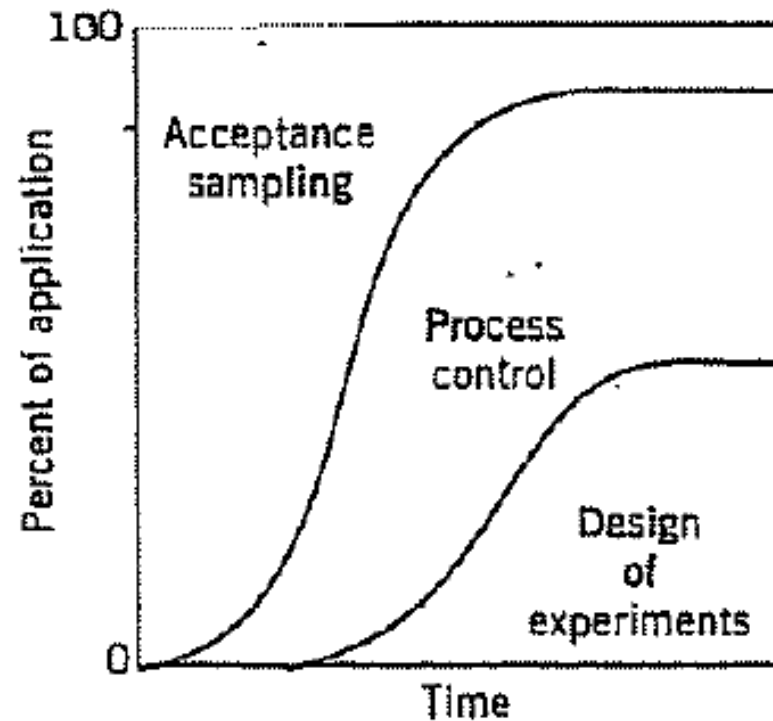
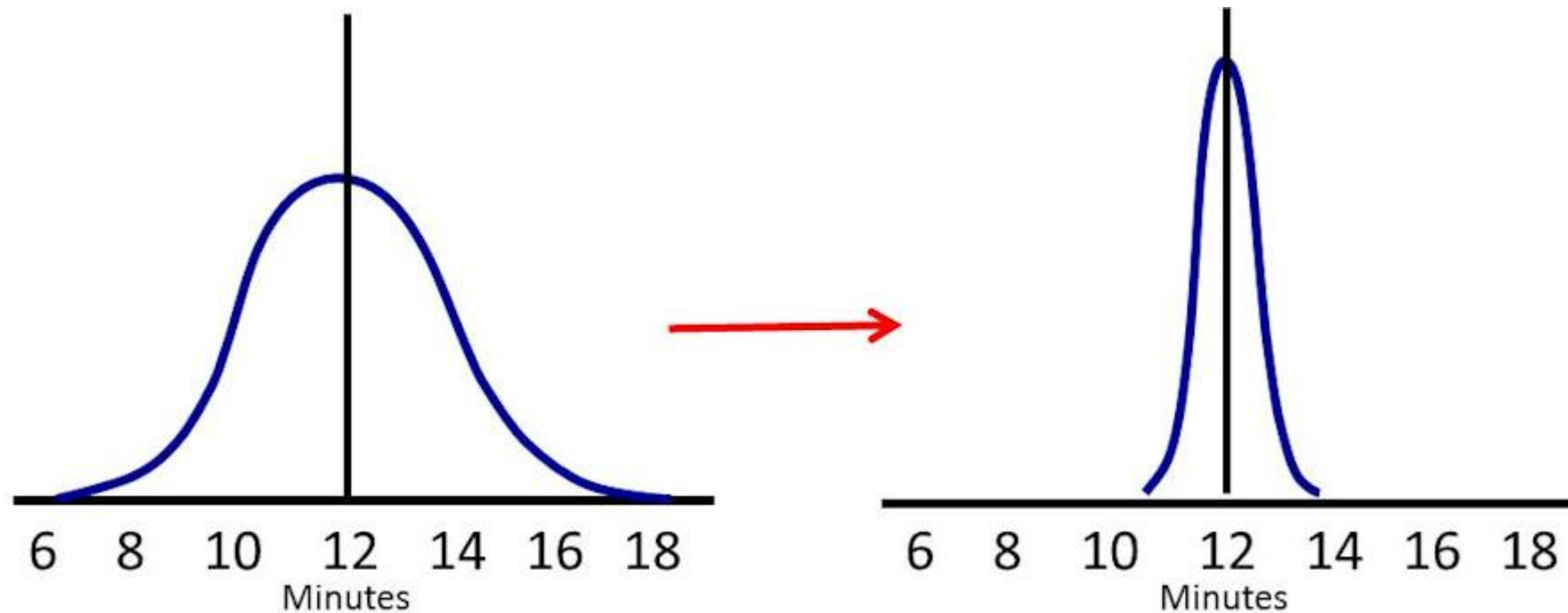


Figura: Diagrama de Fases do Uso de Métodos da Engenharia da Qualidade

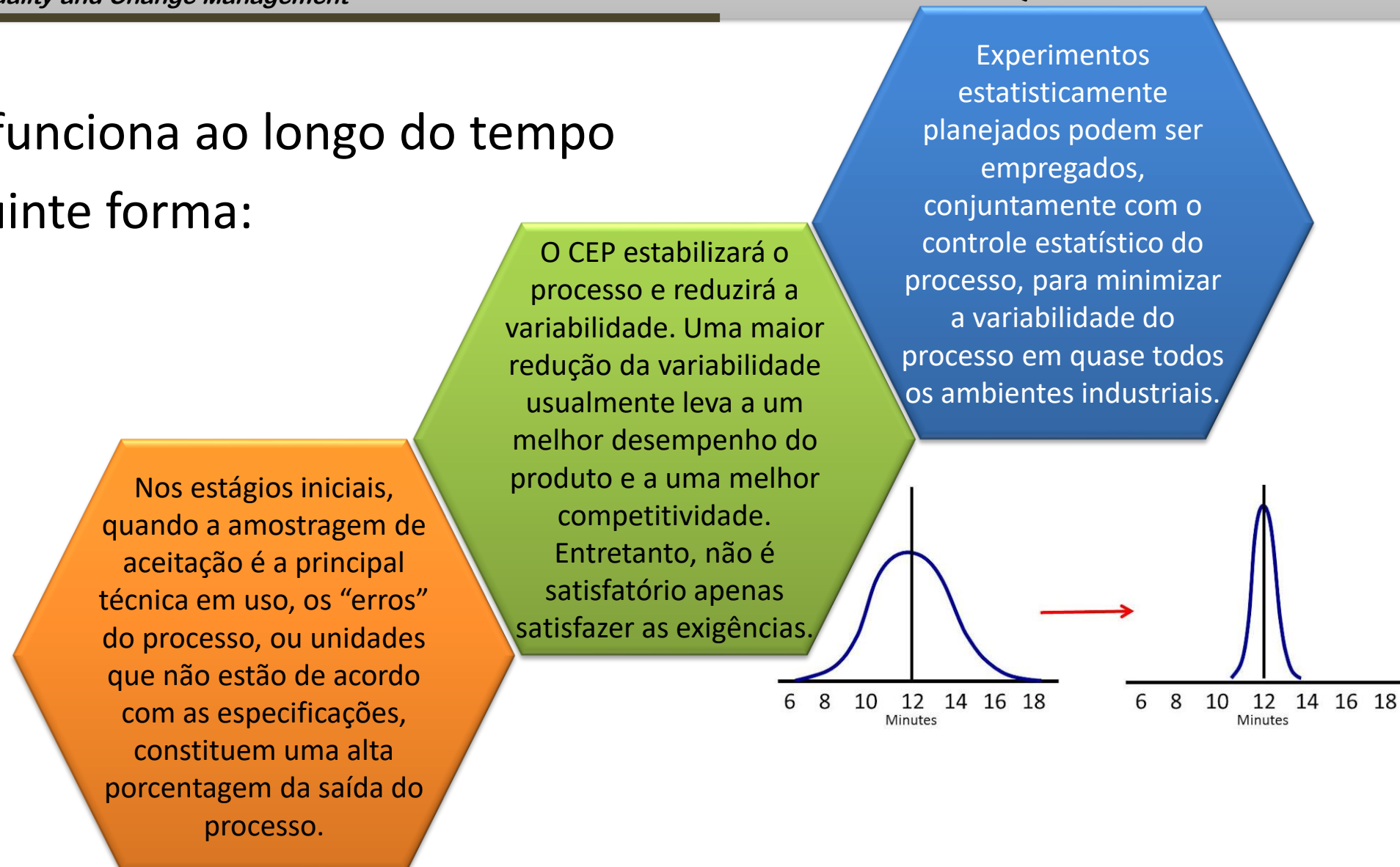


- O **objetivo** primeiro dos esforços da engenharia da qualidade é a **redução sistemática da variabilidade** nas características-chave da qualidade do produto.





- Isso funciona ao longo do tempo da seguinte forma:



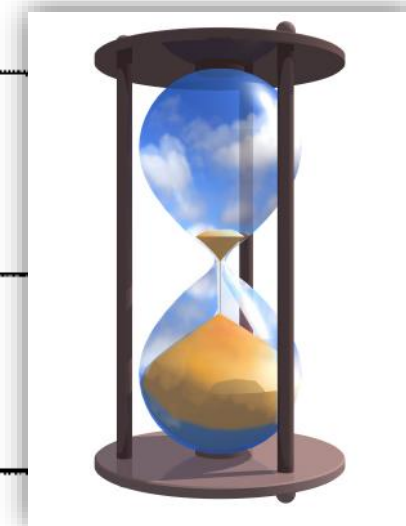
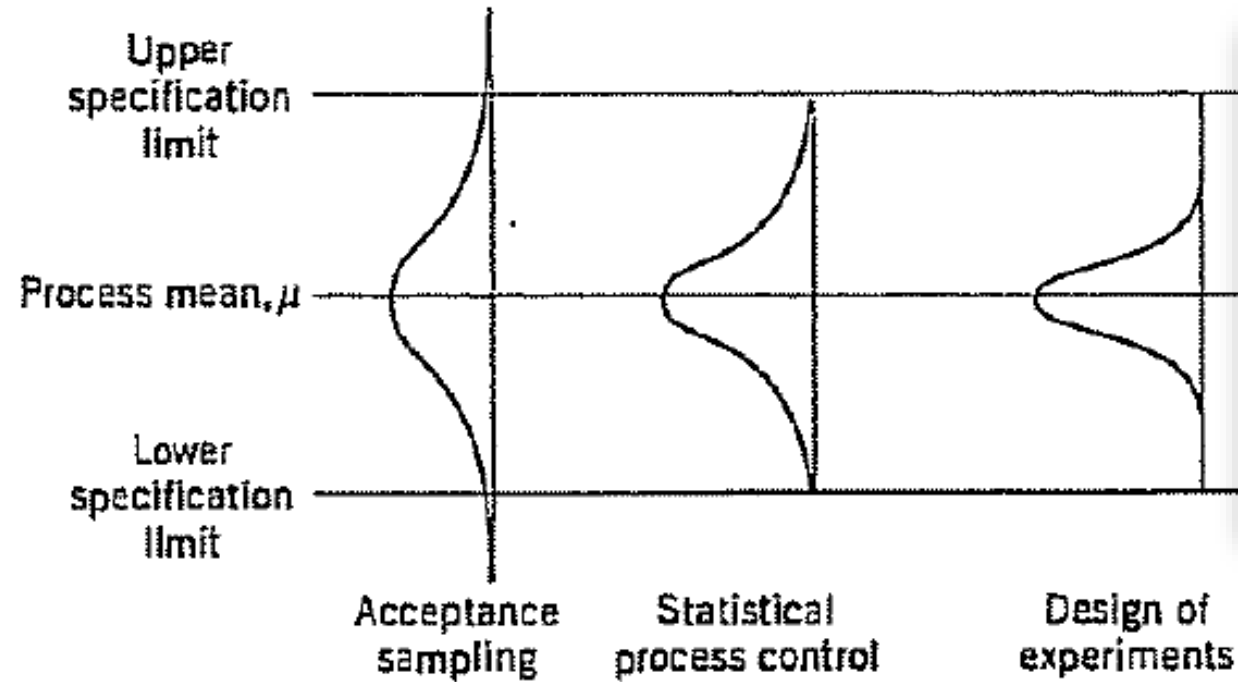
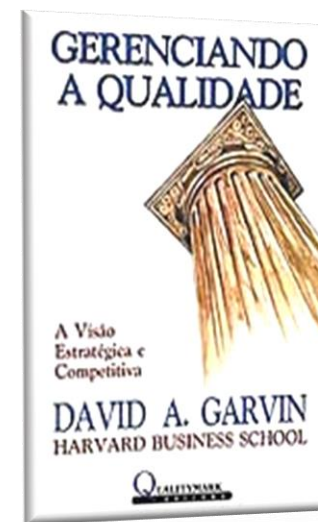


Figura: Aplicação de Técnicas de Engenharia da Qualidade e a Sistemática Redução na Variabilidade do Processo

- Montgomery, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, RJ. 2004.
- Garvin, D. A. (2002). **Gerenciando a Qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Quality Mark Ed., 2002.
- Garvin, D. A. (1984). What Does 'Product Quality' Really Mean? *Sloan Management Review*, Fall, 1984, p. 25-43.









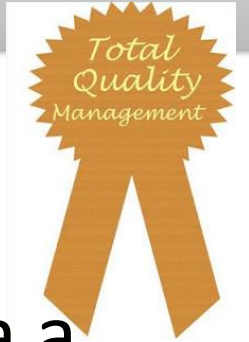
Parte I: A Melhoria da Qualidade no Contexto da Empresa Moderna

# **GESTÃO DA QUALIDADE**

## ***TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM)***



- Embora as técnicas estatísticas sejam as ferramentas técnicas críticas para o controle e a melhoria da qualidade, precisam, para ser usadas com maior eficiência, ser implementadas dentro e como parte de um sistema de gerenciamento orientado pela qualidade.
- De fato, o sistema de gerenciamento deve dirigir a filosofia da melhoria da qualidade e garantir a sua implementação em todos os aspectos do negócio.
- Uma das estruturas gerenciais para se conseguir isso é o **Gerenciamento da Qualidade Total (GQT ou TQM)**, embora outros nomes largamente usados incluam **controle de qualidade por toda a companhia, garantia da qualidade total, e seis sigma**.



- O gerenciamento da qualidade total é uma estratégia para a implementação e gerenciamento das atividades de melhoria da qualidade em toda a organização.
- O TQM começou no início dos anos 80, com as filosofias de Deming e Juran como ponto central.



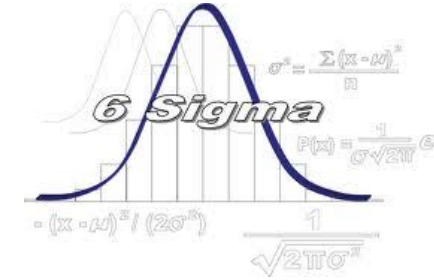
- Conceitos e ideias, envolvendo:
  - Organizações participativas e cultura do trabalho (em equipe);
  - Foco no cliente;
  - Melhoria da qualidade do fornecedor;
  - Integração do sistema de qualidade com os objetivos da empresa; e
  - Muitas outras atividades para enfocar todos os elementos da organização em torno da melhoria da qualidade.



- Algumas razões gerais para a falta de sucesso visível do TQM incluem:
  - Falta de atuação, compromisso e envolvimento de cima para baixo, da gerência de alto nível;
  - Uso inadequado dos métodos estatísticos e reconhecimento insuficiente da redução da variabilidade como objetivo primário;
  - Objetivos difusos, em oposição a enfocados e específicos; e
  - Ênfase excessiva em treinamento em larga escala, em oposição à educação técnica enfocada.



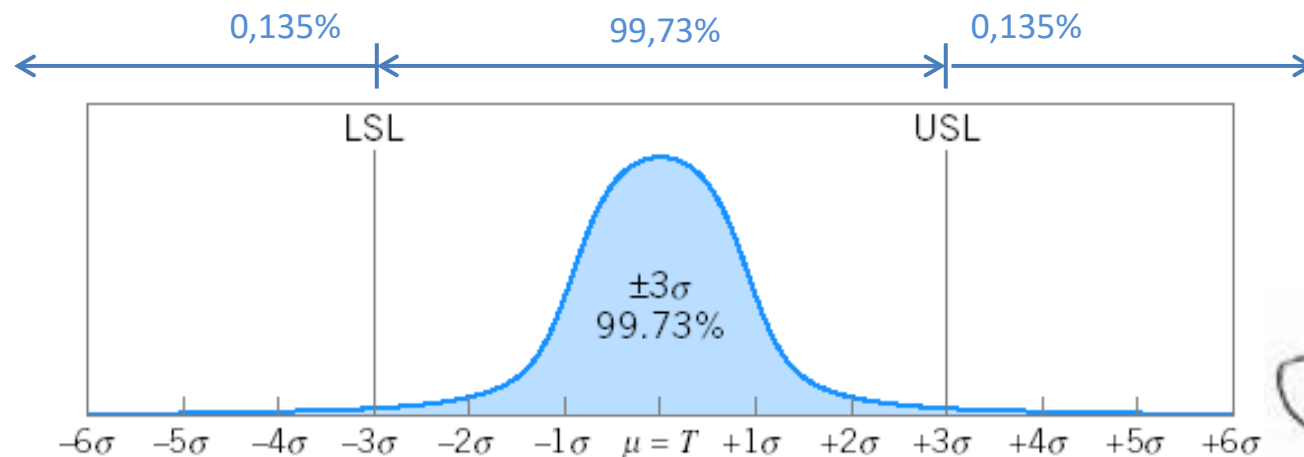
## O Programa Seis Sigma



- Produtos de alta tecnologia com muitos componentes complexos 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 de qualidade do produto, ao nível do qual falhas e defeitos são extremamente improváveis.







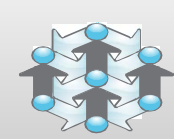
Spec. Limit	Percent Inside Specs	ppm Defective
$\pm 3$ Sigma	99.73	2700

But What's a "sigma"?

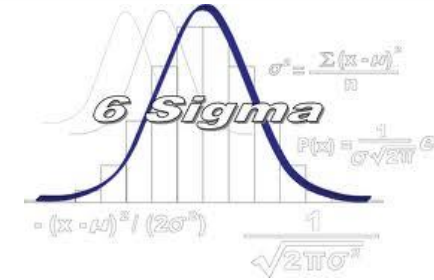


(a) Normal distribution centered at the target ( $T$ )

Figura: O Conceito Seis Sigma da Motorola – (a) Distribuição Normal Centrada no Alvo ( $T$ )



## O Programa Seis Sigma

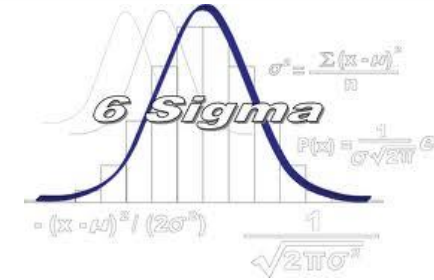


- A figura mostra uma distribuição de probabilidade normal como modelo para uma característica da qualidade, com os limites de especificação em três desvios padrão de cada lado da média.
- Nessa situação, a probabilidade de se produzir um produto dentro dessas especificações é de 0,9973, o que corresponde a 2.700 partes com defeitos por milhão (ppm) de oportunidades.
- Isto é conhecido como **desempenho de qualidade três sigma**, e parece, na verdade muito bom.



## O Programa Seis Sigma

- Desempenho de qualidade três sigma é realmente bom?
- Imagine que tenhamos um produto que consiste em um conjunto de 100 componentes ou partes e que todas essas 100 partes devem ser não-defeituosas para que o produto funcione satisfatoriamente.



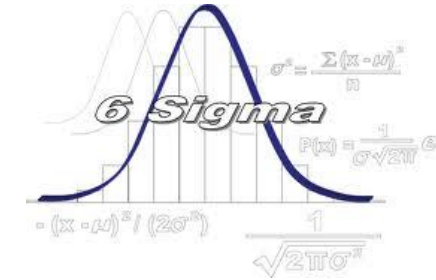
### **MULTIPLICAÇÃO DE PROBABILIDADES:**

Se um acontecimento é composto por vários eventos sucessivos e independentes de modo que:

- O 1º evento é A e sua probabilidade é P(A);
- O 2º evento é B e sua probabilidade é P(B);
- O 3º evento é C e sua probabilidade é P(C);
- O n-ésimo evento é N e sua probabilidade é P(N), então a probabilidade de os eventos A, B, C e N ocorram nessa ordem é:  
 $P = P(A) \cdot P(B) \cdot P(C) \dots P(N)$



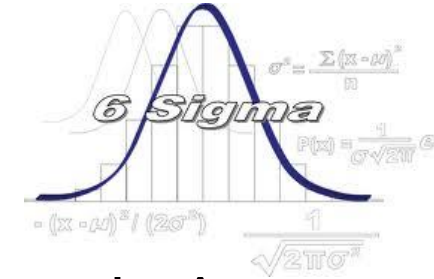
## O Programa Seis Sigma



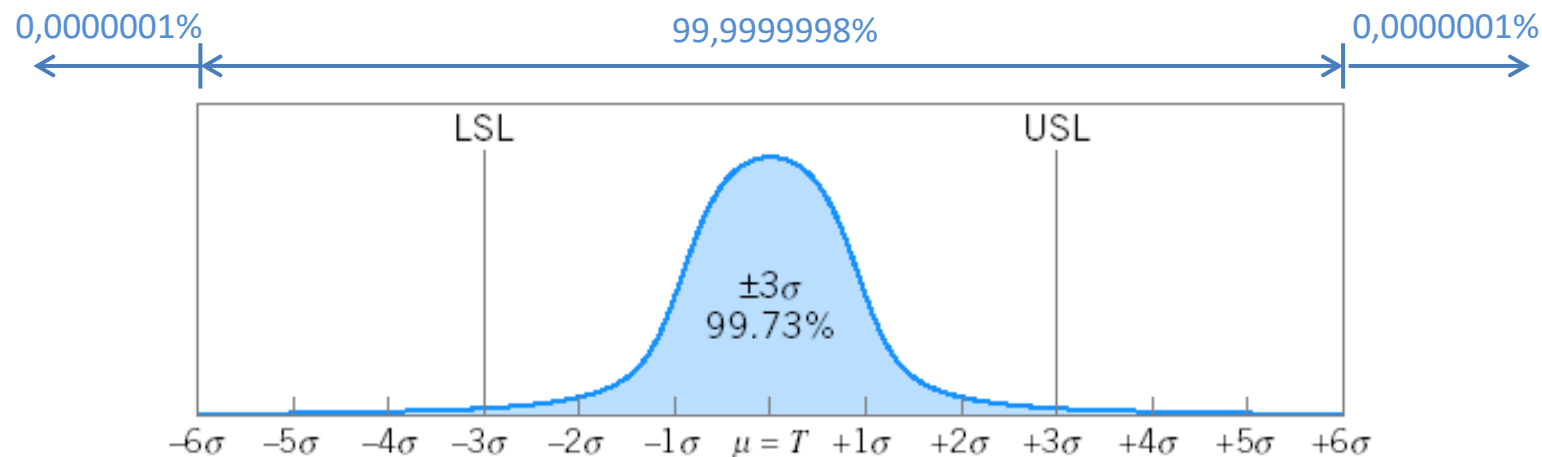
- **Desempenho de qualidade três sigma é realmente bom?**
- Imagine que tenhamos um produto que consiste em um conjunto de 100 componentes ou partes e que todas essas 100 partes devem ser não-defeituosas para que o produto funcione satisfatoriamente.
- A probabilidade de uma unidade específica do produto ser não-defeituosa é:  
 $0,9973 \times 0,9973 \times \dots \times 0,9973 = (0,9973)^{100} = 0,7631$  ou 76,3%
- Isto é, cerca de 23,7% dos produtos produzidos sob a qualidade três-sigma serão defeituosos.
- Esta não deveria ser uma situação aceitável, porque muitos dos produtos de alta tecnologia são feitos de milhares de componentes: um automóvel pode ter mais de 200.000 componentes e um avião, vários milhões.



## O Programa Seis Sigma



- Dessa forma, o conceito Seis Sigma da Motorola é o de reduzir a variabilidade no processo de modo que os limites de especificação estejam a seis desvios padrão da média.
- Voltando ao gráfico, haverá apenas cerca de 2 partes por bilhão de defeituosos.
- Isso significa que sob a **qualidade seis sigma**, a probabilidade de que uma unidade específica do produto hipotético (100 componentes) é de 0,999999998 (99,9999998%), ou 0,002 ppm, uma situação muito melhor!
- É importante observar que esses valores são confiáveis mantendo a média do processo centrada no valor-alvo  $T$ .



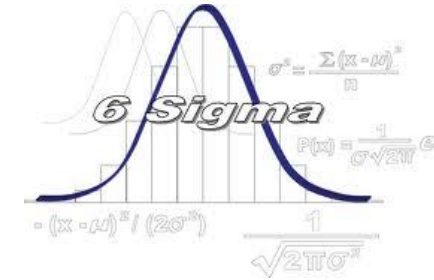
Spec. Limit	Percent Inside Specs	ppm Defective
$\pm 1$ Sigma	68.27	317300
$\pm 2$ Sigma	95.45	45500
$\pm 3$ Sigma	99.73	2700
$\pm 4$ Sigma	99.9937	63
$\pm 5$ Sigma	99.999943	0.57
$\pm 6$ Sigma	99.999998	0.002

(a) Normal distribution centered at the target ( $T$ )

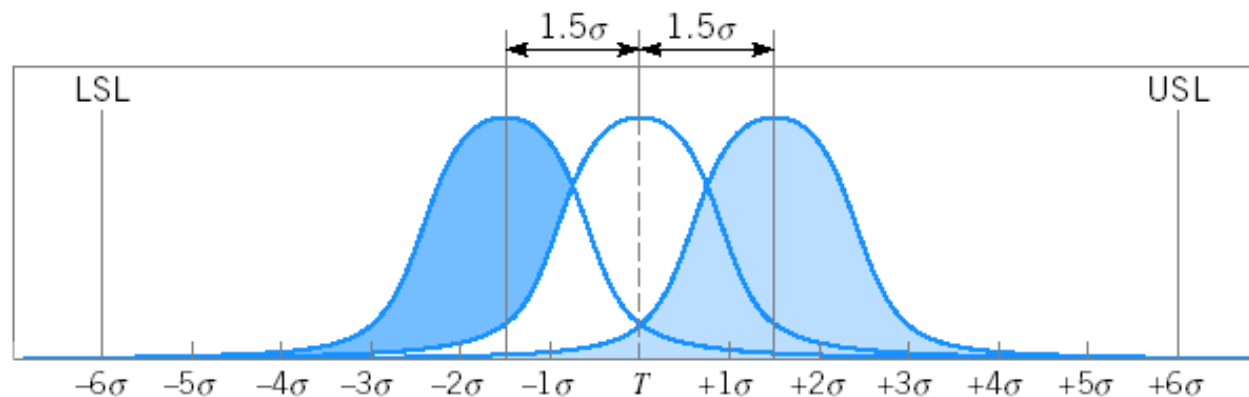
Figura: O Conceito Seis Sigma da Motorola – (a) Distribuição Normal Centrada no Alvo ( $T$ )



## O Programa Seis Sigma



- Quando o conceito Seis Sigma foi inicialmente desenvolvido, fez-se uma suposição de que quando o processo alcançasse o nível de qualidade seis sigma, a média do processo estaria ainda sujeita a perturbações que poderiam fazer com que ela mudasse em até 1,5 desvio padrão para longe do alvo.
- Nesse cenário, o processo seis sigma produziria cerca de até 3,4 ppm de defeituosos.



Spec. Limit	Percent inside specs	ppm Defective
$\pm 1$ Sigma	30.23	697700
$\pm 2$ Sigma	69.13	608700
$\pm 3$ Sigma	93.32	66810
$\pm 4$ Sigma	99.3790	6210
$\pm 5$ Sigma	99.97670	233
$\pm 6$ Sigma	99.999660	3.4

(b) Normal distribution with the mean shifted by  $\pm 1.5\sigma$  from the target

**Figure 1-11** The Motorola six-sigma concept.

Figura: O Conceito Seis Sigma da Motorola – (b) Distribuição Normal Média Deslocada de  $1,5\sigma$  do Alvo



- Citizenship
- Research & Development
- Worldwide Activities
- Leadership
- Governance
- Our Culture
- Our History
- Advertising

## What Is Six Sigma?

<http://www.ge.com/en/company/companyinfo/quality/whatis.htm>

Globalization and instant access to information, products and services continue to change the way our customers conduct business.

Today's competitive environment leaves no room for error. We must delight our customers and relentlessly look for new ways to exceed their expectations. This is why Six Sigma Quality has become a part of our culture.

### First, What is Six Sigma?

First, what it is not. It is not a secret society, a slogan or a cliché. Six Sigma is a highly disciplined process that helps us focus on developing and delivering near-perfect products and services.

Why "Sigma"? The word is a statistical term that measures how far a given process deviates from perfection. The central idea behind Six Sigma is that if you can measure how many "defects" you have in a process, you can systematically figure out how to eliminate them and get as close to "zero defects" as possible. To achieve Six Sigma Quality, a process must produce no more than 3.4 defects per million opportunities. An "opportunity" is defined as a chance for nonconformance, or not meeting the required specifications. This means we need to be nearly flawless in executing our key processes.

### Key Concepts of Six Sigma

At its core, Six Sigma revolves around a few key concepts.

<b>Critical to Quality:</b>	Attributes most important to the customer
<b>Defect:</b>	Failing to deliver what the customer wants
<b>Process Capability:</b>	What your process can deliver
<b>Variation:</b>	What the customer sees and feels
<b>Stable Operations:</b>	Ensuring consistent, predictable processes to improve what the customer sees and feels
<b>Design for Six Sigma:</b>	Designing to meet customer needs and process capability

**Related Links**

- [Citizenship](#)
- [Careers](#)
- [Ecomagination](#)





## Outros Programas para a Melhoria do Sistema de Produção

- Tem havido muitas outras iniciativas devotadas à melhoria do sistema de produção, exemplo:
  - Reengenharia, *Downsizing*;
  - *Just in Time*;
  - *Lean Production* ou Manufatura Enxuta;
  - Fabricação ágil;
  - Entre outros.
  
- A maioria desses “programas” devota muito pouco tempo à redução de variabilidade.
- É praticamente impossível reduzir o estoque durante o processo ou operar um sistema de produção com fornecimento sob medida (*just in time*), ágil ou enxuto quando uma grande e imprevisível parte da saída do processo é defeituosa.
- Tais esforços não atingirão seu potencial pleno sem que uma ênfase maior nos métodos estatísticos para a melhoria do processo e redução da variabilidade os acompanhe.



## O Elo entre Qualidade e Produtividade



- A excessiva variabilidade do processo é responsável pela quantidade extremamente alta de não-conformes.
- A instalação do controle estatístico do processo e a redução da variabilidade decorrente do mesmo resultam em uma redução nos custos de fabricação.
- Isto, por sua vez, resulta em um aumento na capacidade de produção sem qualquer investimento adicional em equipamento, mão-de-obra ou despesas gerais.
- Esforços para melhorar esse processo por outros métodos (como *just in time*, manufatura enxuta, fabricação ágil, etc.) serão, provavelmente, totalmente ineficazes até que o problema básico de excessiva variabilidade seja resolvido.



## Custos da Qualidade e Custos da Não-Qualidade



- Os custos da qualidade são aquelas categorias de custos que estão associadas a produzir, identificar, evitar ou reparar os produtos que não correspondem às especificações.
- Outros autores dividem esses custos em **custos da qualidade** (aqueles custos gerados para garantir a qualidade – identificação ou prevenção, por exemplo) e **custos da não-qualidade** (aqueles custos gerados pela falta de qualidade – retrabalhos e refugos, por exemplo).



## Custos da Qualidade e Custos da Não-Qualidade



- Muitas organizações de manufatura e serviços usam quatro categorias de custos da qualidade / não -qualidade:
  - Custos de prevenção
  - Custos de avaliação;
  - Custos de falha interna; e
  - Custos de falha externa.



## CUSTOS DA QUALIDADE

### Custos de Prevenção

São aqueles custos associados a esforços no projeto e na fabricação que se dirigem à prevenção de não-conformidade. Ou seja, os custos de prevenção são todos os custos assumidos em um esforço para “fazer certo da primeira vez”.

Exemplos: planejamento e engenharia da qualidade; exame de novos produtos; planejamento do produto / processo; controle de processo; *burn in*; treinamento; aquisição e análise de dados da qualidade.

### Custos de Avaliação

São aqueles custos associados a medida, avaliação, ou auditoria de produtos, componentes e materiais comprados para garantir a conformidade aos padrões que tenham sido impostos. Incorre-se nesses custos para determinar a condição de produto de um ponto de vista da qualidade e garantir que ele esteja de acordo com as especificações.

Exemplos: inspeção e teste de material de insumo; inspeção e teste de produto; materiais e serviços gastos; manutenção da precisão do equipamento de teste.

## CUSTOS DA NÃO-QUALIDADE

### Custos de Falha Interna

São os custos assumidos quando produtos, componentes, materiais e serviços deixam de corresponder às exigências da qualidade, e essa falha é descoberta antes da entrega do produto ao cliente. Esses custos desapareceriam se não houvesse defeitos no produto.

Exemplos: sucata; retrabalho; reteste; análise de falha; tempo ocioso; perdas de rendimento; depreciação.

### Custos de Falha Externa

São os custos que ocorrem quando o produto não funciona satisfatoriamente depois de entregue ao cliente. Esses custos também desapareceriam se toda a unidade do produto correspondesse às especificações.

Exemplos: adaptação à reclamação; produto / material devolvido; despesas de garantia; custos de responsabilidade; custos indiretos.



## Análise e Uso dos Custos da Qualidade

- Qual o tamanho dos custos da qualidade? A resposta, naturalmente, depende do tipo de organização e do sucesso do seu esforço para a melhoria da qualidade.
- Em muitas organizações os custos da qualidade são maiores do que o necessário, e a gerência deveria fazer esforços continuados para avaliar, analisar e reduzir esses custos.
- A utilidade dos custos da qualidade provém do **efeito de influência**; isto é, os valores financeiros investidos em prevenção e avaliação têm um retorno com a redução de dinheiro gasto com falhas internas e externas.
- As análises do custo da qualidade têm como seu principal objetivo a redução do custo através da identificação de oportunidades de melhoria. Isto é feito frequentemente, com a **análise de Pareto**. A análise de Pareto consiste na identificação dos custos da qualidade por categoria, ou por produto, ou por tipo de defeito ou não-conformidade.

A Lei de Pareto (ou Princípio 80-20) afirma que para muitos fenômenos, 80% das consequências advêm de 20% das causas.





## Custos da Qualidade e Custos da Não-Qualidade

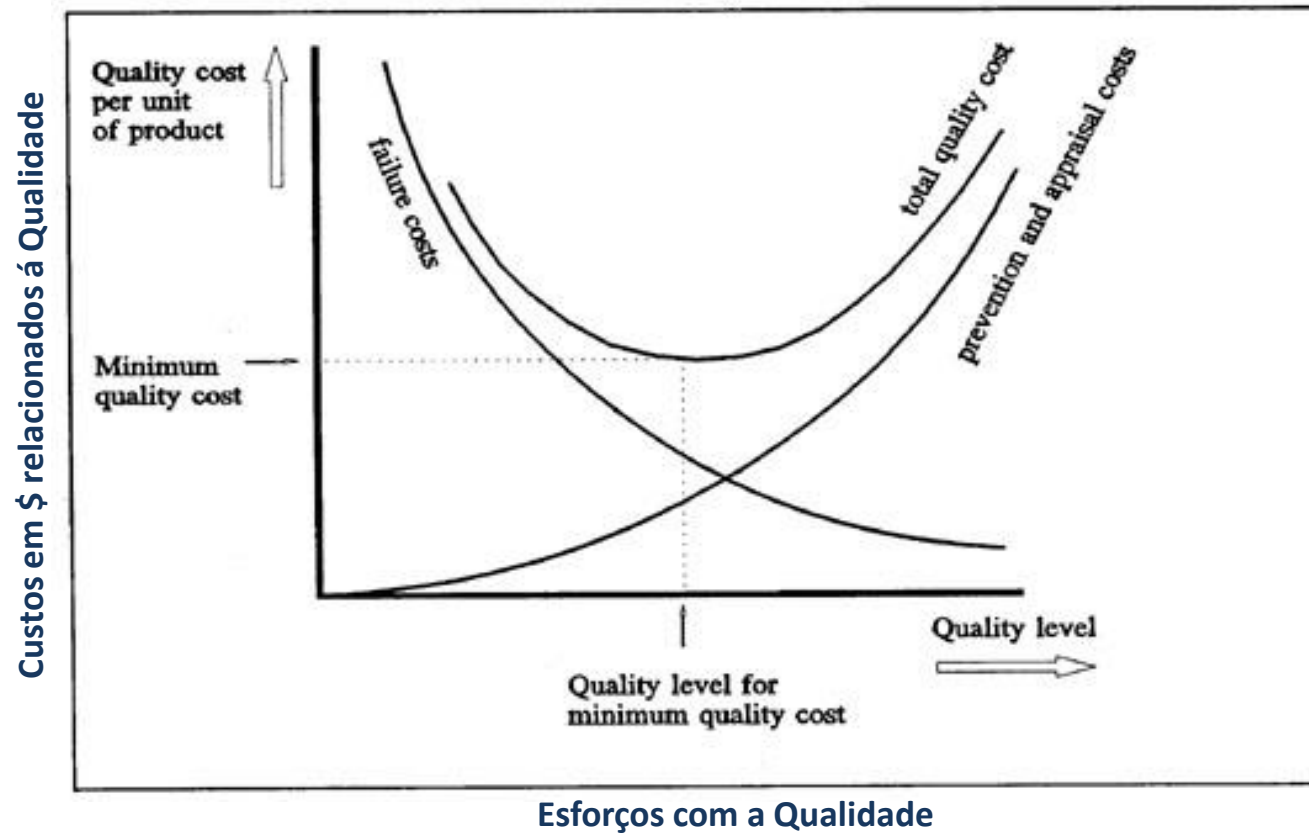


Figura: Comportamento dos Custos da Qualidade e da Não-Qualidade



## Análise e Uso dos Custos da Qualidade (Fracassos)

- Alguns esforços de coletar e analisar custos fracassam. Isto é, algumas companhias iniciaram atividades de análise de custo da qualidade, usaram-nas por algum tempo, e depois abandonaram os programas por serem ineficazes.
- Há várias razões pelas quais isso ocorre. A principal delas é o não-uso da informação do custo da qualidade como mecanismo para gerar oportunidades de melhoria.
- Se usarmos essa informação apenas para manter escores, e não fizermos esforços conscientes para identificar áreas-problema e desenvolver procedimentos de operação melhorados, então os programas não serão totalmente bem-sucedidos.



## Análise e Uso dos Custos da Qualidade (Fracassos)

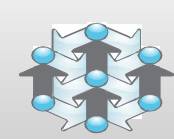
- Uma razão final para o fracasso do programa de custo da qualidade é que a gerência, em geral, subestima a profundidade e extensão do comprometimento que deve haver com a prevenção.
- Ao se analisar os custos da qualidade em diferentes companhias, pode-se perceber que aquelas sem programas efetivos de melhoria da qualidade, os valores investidos em prevenção raramente excedem 1% a 2% da receita. Isto deveria ser aumentado para um limiar de 5% a 6% da receita, e esses valores adicionais destinados à prevenção deveriam ser gastos, em grande parte, em métodos técnicos de melhoria da qualidade, e não no estabelecimento de “programas”, “GQT”, “Reengenharia”, ou outras atividades semelhantes.
- Se a gerência persistir nesse esforço, o custo da qualidade cairá substancialmente. Essas economias no custo começarão a ocorrer em um ou dois anos, embora possam demorar mais em algumas companhias.



## Implementação da Melhoria da Qualidade



- A gerência deve reconhecer que a qualidade é uma entidade, que incorpora as oito dimensões apresentadas por Garvin (1987): desempenho; características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, assistência técnica, estética e qualidade percebida.
- Um parte crítica da **gerência estratégica da qualidade** em qualquer empresa é o reconhecimento, pela própria gerência, dessas dimensões e a seleção daquelas ao longo das quais irá competir. Será muito difícil competir com companhias que podem realizar, com sucesso, essa parte da estratégia.



## Implementação da Melhoria da Qualidade



- A gerência deve usar esse tipo de estratégia pensando na qualidade. Não é necessário que o produto seja superior em todas as dimensões da qualidade, mas a gerência deve **selecionar e desenvolver** os “nichos” da qualidade ao longo dos quais a companhia pode competir com sucesso.
- Tipicamente, essas dimensões serão aquelas que a competição esqueceu ou ignorou. A indústria automobilística americana sofreu severo impacto dos competidores estrangeiros que, com perícia, souberam praticar essa estratégia.