

Motivações para o Uso Controle Estatístico de Processos

Aula 02
Melhoria da Qualidade

Profa. Carmela Maria Polito Braga, DELT/UFMG

DEFINIÇÕES E SIGNIFICADO DE QUALIDADE

A qualidade de um produto pode ser avaliada de várias maneiras.

As oito Dimensões de Qualidade discutidas por Garvin (1987):

1. **Desempenho:** o produto é capaz de fazer o que se pretende que ele faça? (Performance)
2. **Confiabilidade:** qual a frequência de falha do produto? (Reliability)
3. **Durabilidade:** qual a vida útil do produto? (Durability)
4. **Assistência Técnica:** quão fácil/rápida/econômica é a manutenção do produto? (Serviceability)
5. **Estética:** qual a aparência do produto (estilo, cor, forma, embalagens alternativas)? (Aesthetics)
6. **Características:** o que o produto é capaz de fazer (apresenta características além do desempenho básico)? (Features)
7. **Qualidade Percebida:** qual é a reputação do fabricante ou do seu produto? (Perceived Quality)
8. **Conformidade com as Especificações:** as requisições de projeto foram satisfeitas na construção do mesmo? (Conformance to Standards)

Definição

Qualidade significa adequação para o uso.

Definição tradicional a partir de dois aspectos :

- Qualidade de Projeto (definições intencionais de qualidade)
- Qualidade de Conformidade (ajustamento) às especificações de projeto

Limitações : tornou-se mais associada ao ajustamento da qualidade do que ao projeto em si. Deu menos ênfase à adequação ao uso do consumidor e mais à construção ajustada às especificações. É preciso investir no projeto também.

Definição

Qualidade é inversamente proporcional à variabilidade

Definição moderna de Qualidade.

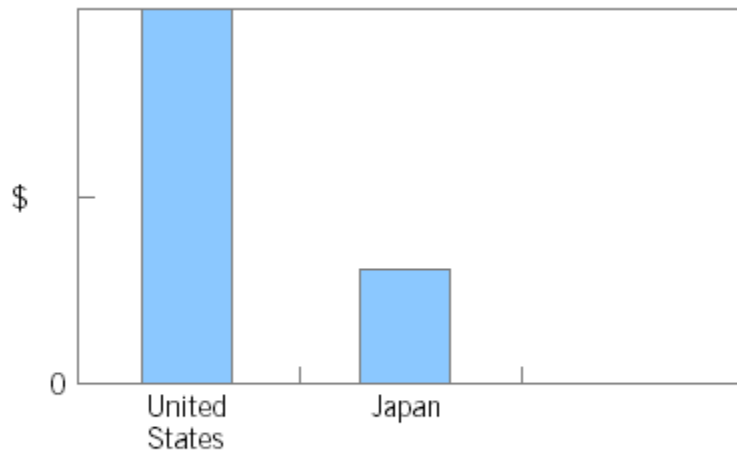
Reduzir a variabilidade significa reduzir custos associados a retrabalho (perda de tempo) e esforço.

Fontes de Variabilidade:

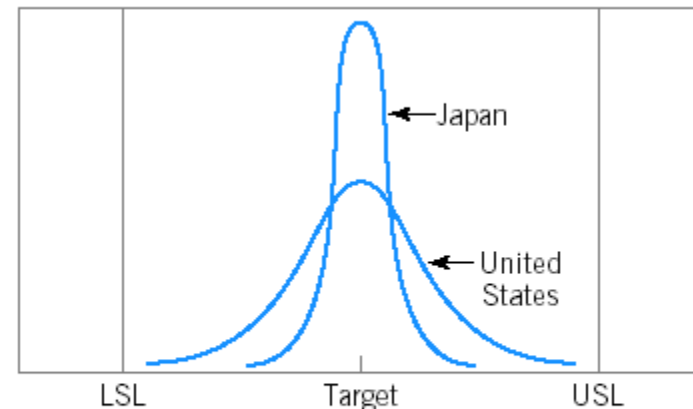
Diferenças nos materiais (matérias primas), diferenças no desempenho dos equipamentos ou processos de manufatura, diferenças na maneira como os operadores realizam suas tarefas manuais.

EXEMPLO: EIXOS DE TRANSMISSÃO

Pesquisa realizada por uma companhia automobilística americana há alguns anos, comparando dados de transmissão produzida por uma fábrica doméstica e por uma fábrica japonesa.



a) Custos de garantia para as transmissões



b) Distribuições das dimensões críticas das transmissões

Variabilidade reduzida: menores custos; transmissões com trocas de marchas mais suave; carros mais silenciosos.
Qualidade percebida pelo consumidor.

Definição

Melhoria de Qualidade consiste na redução da variabilidade dos processos e dos produtos.

- O exemplo anterior ilustra esta definição.
- Uma definição equivalente é a de que melhoria consiste na **eliminação de perdas**. Isto é efetivo nas indústrias de serviço, onde o problema de qualidade pode ser um erro, um engano, que para ser corrigido demanda esforço e custo associado.

Definição

Melhoria da Qualidade é a redução do desperdício.

TERMINOLOGIA DE ENGENHARIA DE QUALIDADE

Todo produto possui um número de elementos que, conjuntamente, descreve o que o usuário ou consumidor pensa que seja qualidade. Estes parâmetros são chamados **Características de Qualidade**, que podem ser de diversos tipos:

1.Físicas: comprimento, peso, tensão, viscosidade.

2.Sensoriais: sabor, aparência e cor.

3.De orientação temporal: confiabilidade, durabilidade e facilidade de manutenção.

Variabilidade somente pode ser descrita em termos estatísticos, assim **métodos estatísticos** constituem-se no elemento central dos esforços de melhoria de qualidade.

Em **Engenharia de Qualidade** é habitual **classificar-se os dados** provenientes de características **de qualidade** como sendo:

- Dados de **Atributos**: dados discretos, normalmente, na forma de contagem.
- Dados de **Variáveis**: dados de medições contínuas como tensão, nível, etc.

TERMINOLOGIA DE ENGENHARIA DE QUALIDADE

- **Especificações:** (em relação às quais as características de qualidade são avaliadas)
 - **Limite Inferior de Especificação (LIE):** menor valor permitido para a característica de qualidade.
 - **Limite Superior de Especificação (LSE):** maior valor permitido para a característica de qualidade.
 - **Valores Nominais ou Alvo (Target):** valor desejado para a característica.

OBS.: algumas características de qualidade têm somente uma especificação limite (em um dos lados do alvo)
- **Produto fora do padrão ou não-conforme:** houve falha na construção em relação a um ou mais parâmetros de especificação/projeto.
- **Defeito ou Não-conformidade:** tipo específico de falha.

Nem todos os produtos contendo um defeito são necessariamente considerados Defeituosos ou inadequados ao uso.

- **Produtos Defeituosos:** produtos não-conformes, que possuem um ou mais defeitos, sérios o suficiente para afetar a segurança ou o uso efetivo do produto.

HISTÓRIA DA MELHORIA DA QUALIDADE

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.
1857	British War Office introduces the concept of "interchangeability" for rifle barrels.
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 inprocess 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.
1922–1923	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.

HISTÓRIA DA MELHORIA DA QUALIDADE

Walter A. Shewart (1891-1967)

- Formado em Engenharia e Física
- Longa Carreira na Bell Labs
- Desenvolveu a primeira carta de controle em cerca de 1924.

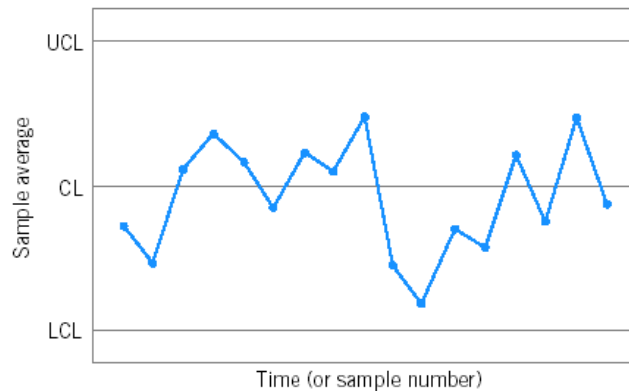


Figure 1-4 A typical control chart.



HISTÓRIA DA MELHORIA DA QUALIDADE

- 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 *Industrial Quality Control* 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.
K. Ishikawa introduces the cause-and-effect diagram.
- 1950s Classic texts on statistical quality control by Eugene Grant and A. J. Duncan appear.

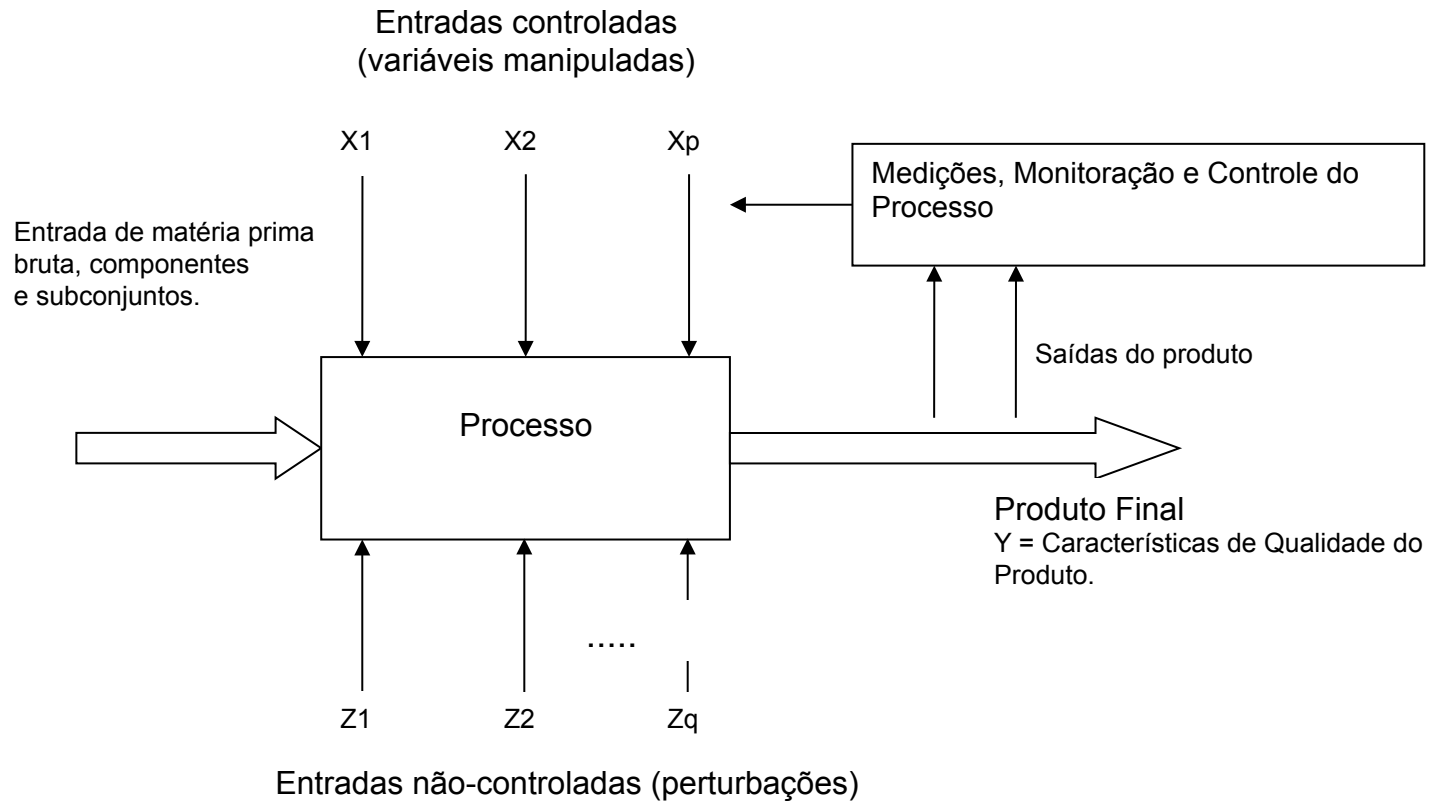
HISTÓRIA DA MELHORIA DA QUALIDADE

- 1951 A. V. Feigenbaum publishes the first edition of his book, *Total Quality Control*.
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 *Quality Control Handbook* is first published.
- 1959 *Technometrics* (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 *Industrial Quality Control* ceases publication, replaced by *Quality Progress* and the *Journal of Quality Technology* (Lloyd S. Nelson is the founding editor of *JQT*).
- 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.

HISTÓRIA DA MELHORIA DA QUALIDADE

- 1980s Experimental design methods are introduced to and adopted by a wider group of organizations, including electronics, aerospace, semiconductor, and the 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 *Quality and Reliability Engineering International* 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.
- 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 *Quality Engineering* appears.
Motorola's six-sigma initiative begins.
- 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 www.asq.org), 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.

MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA CONTROLE DE QUALIDADE E APERFEIÇOAMENTO



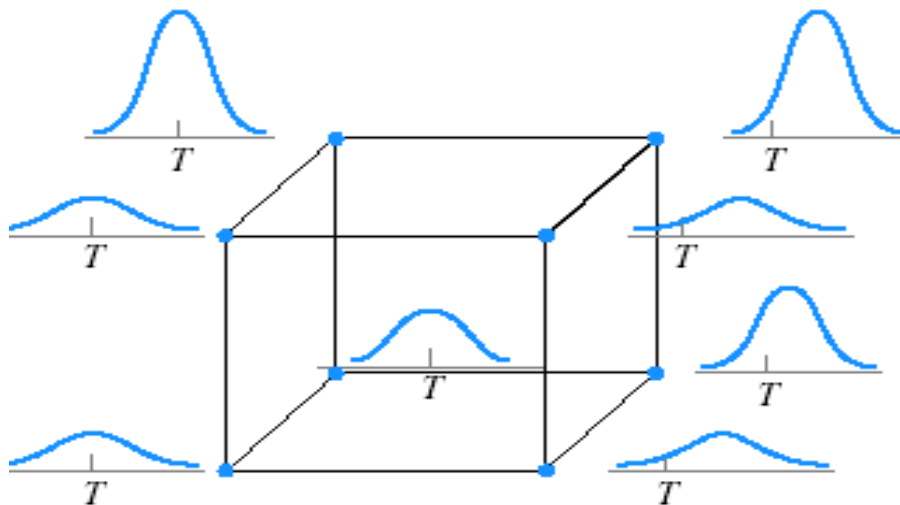
MÉTODOS ESTATÍSTICOS

- Controle Estatístico de Processos (CEP)
 - Cartas de controle, e outras ferramentas para resolver problemas. Útil na monitoração de processos, contribuindo para a redução da variabilidade por meio da eliminação de causas atribuíveis. Seu uso sistemático é um excelente modo para reduzir a variabilidade (integrado ao uso de técnicas de controle de processos).
 - Técnica On-line.
- Experimentos Planejados (DOX)
 - Variação sistemática de entradas controláveis no processo.
 - Permitem descobrir as variáveis que influenciam o desempenho do processo ou suas características de qualidade.
 - Permitem otimizar o desempenho do processo, determinando os níveis ótimos das variáveis controladas (SP).
 - Técnica Off-line.
- Amostragem para Aceitação

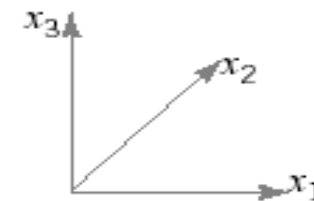
EXPERIMENTO PLANEJADO

É uma abordagem de variação sistemática de fatores de entrada controláveis no processo e de determinação do efeito desses fatores nos parâmetros do produto de saída.

Desenho Fatorial: Cada fator com dois níveis possíveis, baixo e alto, resultam em um experimento com 8 combinações de teste, cujos desempenhos do processo são dispostos nos vértices de um cubo (cada vértice possui a combinação dos 3 fatores controláveis: x_1 , x_2 e x_3). T , aqui, representa o alvo do processo.



Os experimentos planejados constituem-se uma **importante ferramenta off-line** de controle de qualidade utilizados, em geral, nas atividades de desenvolvimento e nos estágios iniciais da manufatura.



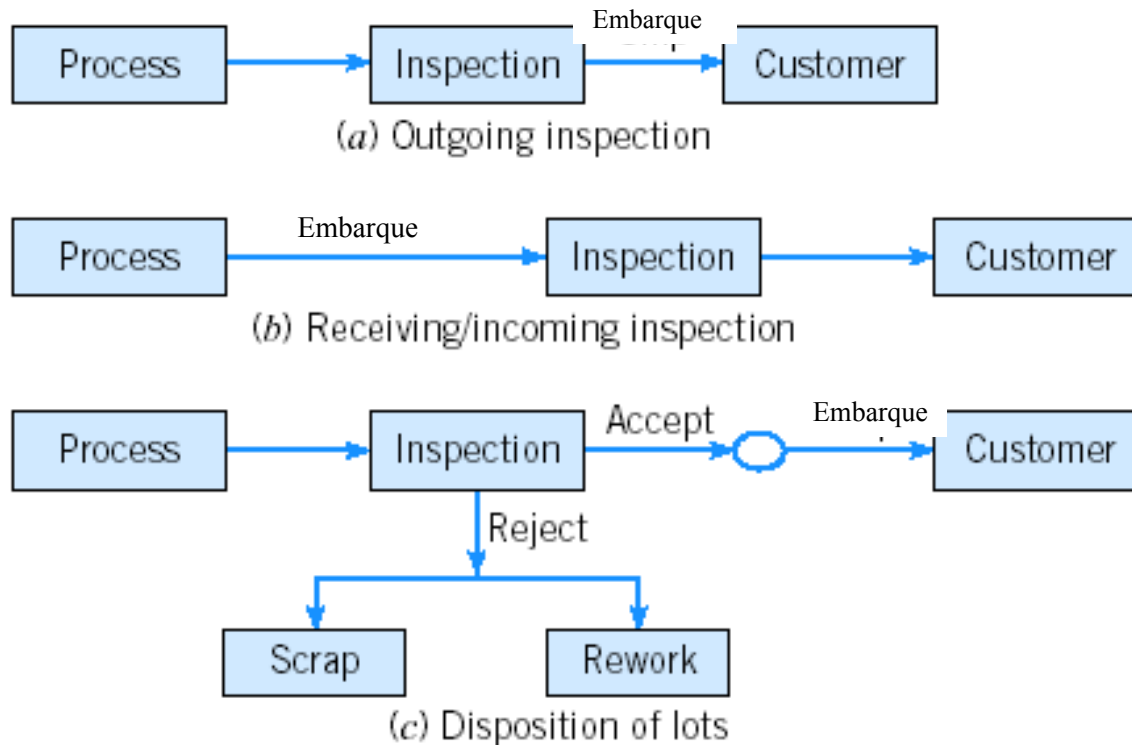
Desenhos fatoriais com 3 fatores controláveis (variáveis de entrada).

EXPERIMENTO PLANEJADO

- Identificada a lista de variáveis que afetam o resultado do processo é, normalmente, necessário modelar a relação entre as variáveis de entrada influentes e as características de qualidade da saída. As técnicas estatísticas úteis na construção de tais modelos incluem a análise de regressão e a análise de séries temporais.
- Nesta condição é adequado o projeto e o uso das cartas de controle, para monitoração e controle estatístico da qualidade do processo on-line, detectando quando são necessárias mudanças nas entradas para retomar o estado de CEP.
- **Os modelos anteriores ajudam a determinar a natureza e a grandeza dos ajustes requeridos nas variáveis de entrada**
- Estratégias de controle automático por realimentação devem ser utilizadas para manter o processo sobre controle a maior parte do tempo, sempre que possível.
- O conhecimento antecipado sobre variações nas características da matéria prima ajudam a prever variações maiores na qualidade final ou outra faixa operacional possível em função desta variação.

AMOSTRAGEM DE ACEITAÇÃO

É definida como a inspeção e classificação de uma amostra de unidades selecionadas aleatoriamente de uma remessa ou lote maior e a decisão final sobre o destino do lote.



1 Variações da amostragem de Aceitação

ASPECTOS GERENCIAIS DE MELHORIA DE QUALIDADE

Gerenciamento efetivo de qualidade requer a execução de três atividades:

1. Planejamento de Qualidade
2. Garantia de Qualidade
3. Controle de Qualidade e Melhoria

MELHORIA E CONTROLE DE QUALIDADE

- Dr. Deming sugere:
 - Eliminar slogans e programas de melhoria de qualidade (ex.: defeito zero). As oportunidades e a responsabilidade para **melhorias na qualidade requerem ação gerencial**.
 - Não confiar em inspeção de massa para controlar a qualidade. A qualidade resulta da **prevenção de itens defeituosos por meio de melhorias no processo** e não na inspeção.
 - O uso de métodos estatísticos. Após a 2ª guerra mundial ele convenceu as indústrias japonesas do poder dos métodos estatísticos no controle da qualidade e eles têm sido elemento-chave na expansão da indústria/economia japonesa.

MELHORIA E CONTROLE DE QUALIDADE

Conjunto de atividades usadas para garantir que produtos e serviços encontram as especificações e sejam continuamente melhorados.

- Desde que a variabilidade é a maior causa de queda de qualidade, técnicas estatísticas, incluindo CEP e experimentos planejados, são a maior ferramenta de controle de qualidade e melhoria.
- Projetos devem ser selecionados para ter impacto significativo nos negócios e serem relacionados a outras metas do negócio durante o processo de planejamento.
- **Deve-se levar as ferramentas adequadas, estatísticas e de engenharia, para os lugares certos na organização.**

CLASSE MUNDIAL NA MANUFATURA

Segundo Joseph P. Shunta (1995):

- **Classe Mundial (World Class):** significa estar entre os melhores do mundo.
 - Competição global no mercado.
- Indústrias têm adotado o termo para descrever processos, produtos e serviços que adquirem padrões de desempenho entre os melhores do mundo.
- Empresas que queiram se manter competitivas no mercado internacional devem procurar encontrar e manter estes padrões de desempenho para sobreviverem às competições de mercado.

CLASSE MUNDIAL NA MANUFATURA

Segundo Joseph P. Shunta (1995):

- Indústrias de manufatura são julgadas por meio da sua qualidade, do seu custo e da disponibilidade dos seus produtos.
- Para adquirir desempenho tipo Classe Mundial nestas áreas a operação do processo deve desenvolver métricas específicas para avaliar o desempenho diário e direcionar novas melhorias.
- Entre as métricas específicas em curso estão os índices de capacidade (C_p/C_{pk}) e os índices de desempenho de processo (P_p/P_{pk}) para descrever qualidade e tempo de ciclo, por exemplo.

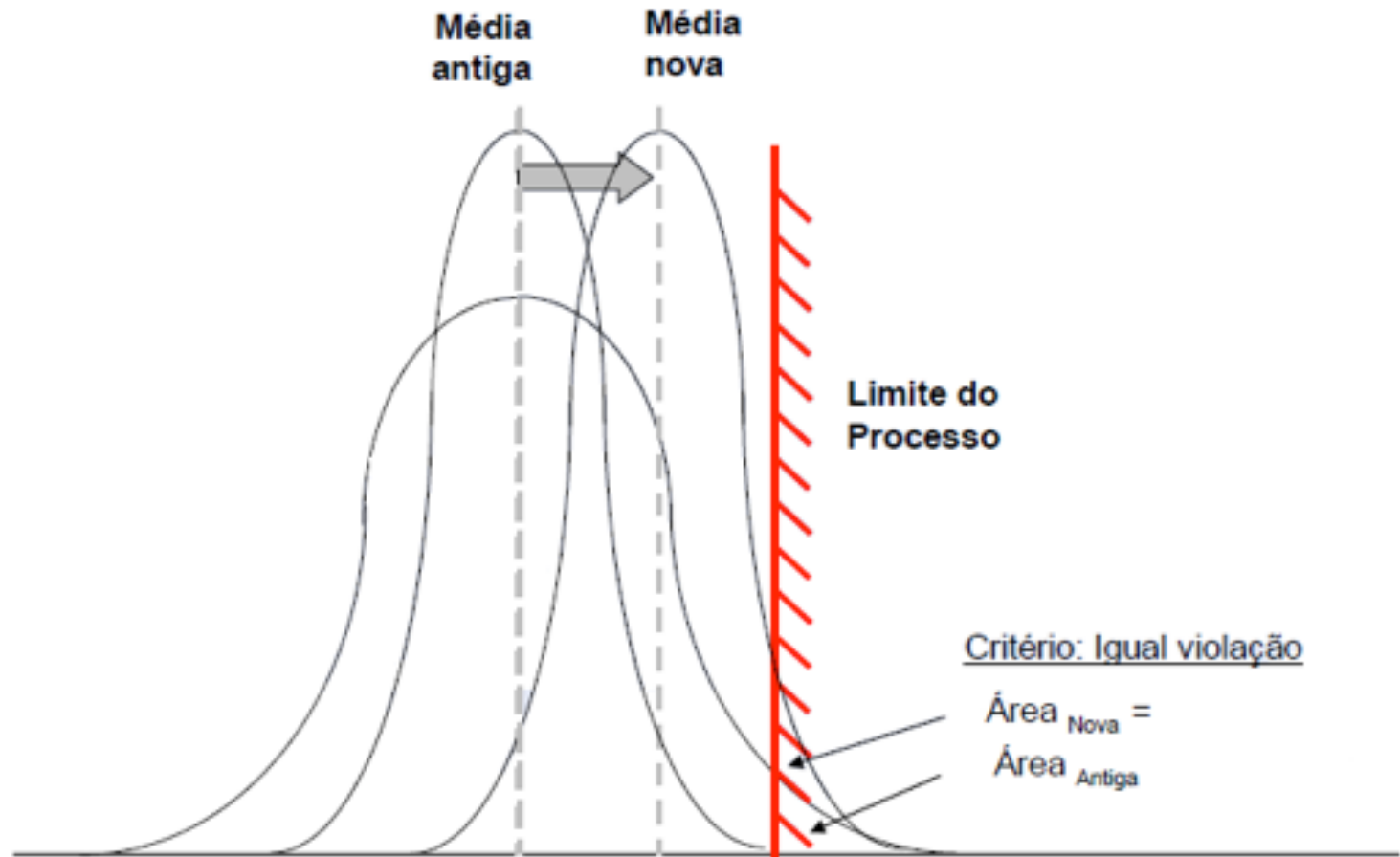
CLASSE MUNDIAL NA MANUFATURA

- Tecnologia é o meio para transformar material bruto em produtos vendáveis. Isto inclui equipamentos de processo, medições e controle.
- Mas tecnologia inteligente apenas não garante sucesso sem que existam procedimentos operacionais adequados e pessoal treinado e motivado.
 - Na detecção de um problema é preciso alguém capacitado a resolver o problema e retornar o sistema a condição de operação adequada.
 - Não basta um sistema de controle e automação instalado. É preciso que **estratégias de controle sejam projetadas para alcançar o melhor desempenho** e que sejam **mantidas para sustentar seus benefícios**.

CLASSE MUNDIAL NA MANUFATURA

- **Controle de Processos é a tecnologia chave** para ajudar a levar a planta de um processo de manufatura a uma classe mundial de desempenho.
 - Controle de Processo - manter o processo em seu estado de operação desejado e **manter uma variabilidade aceitável para as variáveis de processo** e para as propriedades dos produtos.
 - Se uma das **funções do controle de processos** é controlar a **variabilidade**, fica clara a **conexão entre variabilidade de processo e metas de negócios** - direcionadores de negócios devem derivar disso.

CLASSE MUNDIAL NA MANUFATURA



Joseph P. Shunta: *Achieving World Class Manufacturing through Process Control*, 1995
Prentice-Hall.

BIBLIOGRAFIA

1. Douglas C. Montgomery: *Introduction to Statistical Quality Control*, 4th Edition.
2. Joseph P. Shunta: *Achiving World Class Manufacturing through Process Control*, 1995. Prentice-Hall.