



# PRO3472 - *Gestão da Qualidade de Produtos e Processos*

Prof. Fernando Berssaneti

[fernando.berssaneti@usp.br](mailto:fernando.berssaneti@usp.br)



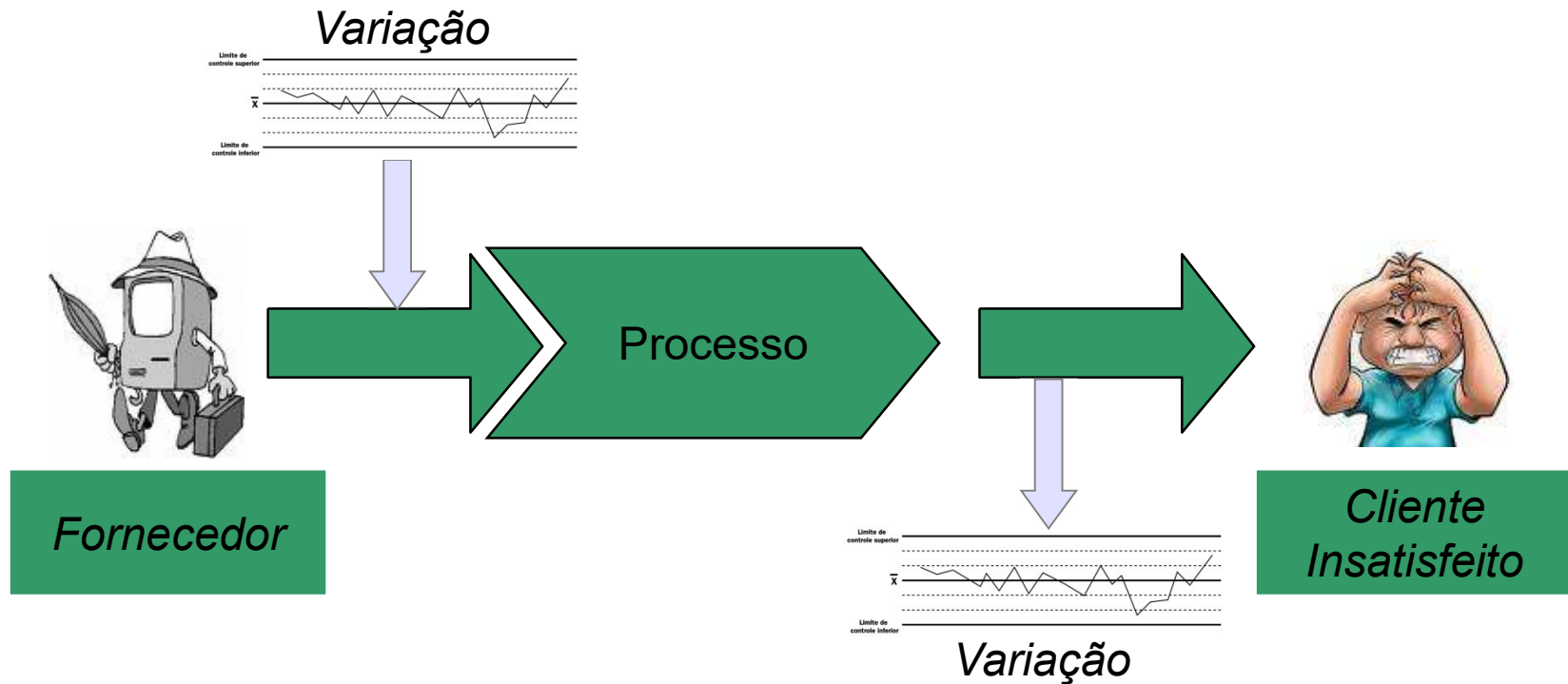


# Métodos e ferramentas para o controle e a melhoria da qualidade





# Cadeia Cliente - Fornecedor



*Variações nas características críticas do produto causam insatisfação nos clientes*

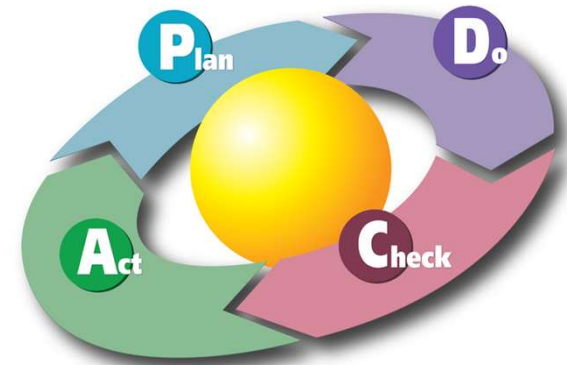




# O Ciclo PDCA



Método de gestão, uma forma de trabalho, que orienta o processo de tomada de decisão para o estabelecimento das metas e dos meios e ações necessários para executá-las e acompanhá-las a fim de garantir a sobrevivência e o crescimento de uma organização

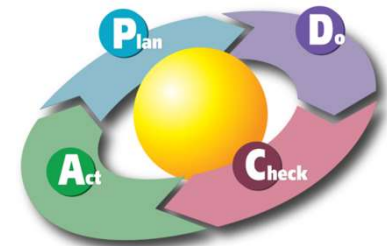




# Por que adotar uma Metodologia?



- ✓ Para melhorar o negócio
- ✓ Resolução de Problemas
- ✓ Tomada de Decisão com base em Fatos
- ✓ Para aumentar a eficácia dos investimentos
- ✓ Diminuir custos de falhas, defeitos, etc...
- ✓ Aumentar a produtividade
- ✓ Aumentar o valor da empresa no mercado
- ✓ Para melhorar o relacionamento com clientes
- ✓ Aumentar vendas
- ✓ Vencer a concorrência

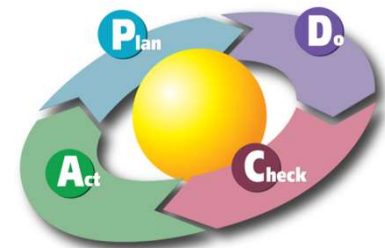




# Explicando Melhor



- ✓ O PDCA fornece um mapa geral que ajuda a integrar as ferramentas que visam melhoria
- ✓ Pode ser aplicado a todo tipo de processo/áreas: Finanças, RH, Vendas, Contabilidade, Manufatura, etc...
- ✓ Todos usam a metodologia para melhoria, não só os especialistas
- ✓ Ênfase na aplicação intensiva de ferramentas básicas e, quando necessárias, técnicas mais avançadas
- ✓ O pensamento estatístico é utilizado largamente por todas as pessoas da empresa

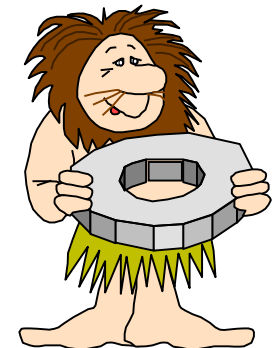
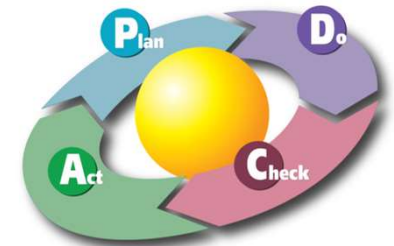




# Ciclo de Shewhart ou Deming



- ✓ Introduzido no Japão com o propósito de tornar mais claros e ágeis os processos envolvidos na gestão empresarial;
- ✓ Método de gestão, uma forma de trabalho, que orienta o processo de tomada de decisão para o estabelecimento das metas e dos meios e ações necessários para executá-las e acompanhá-las a fim de garantir a sobrevivência e o crescimento de uma organização.

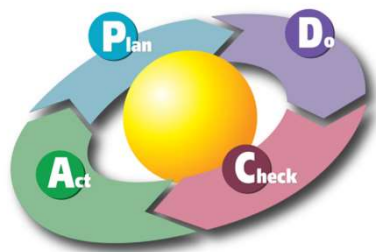




# Ciclo PDCA



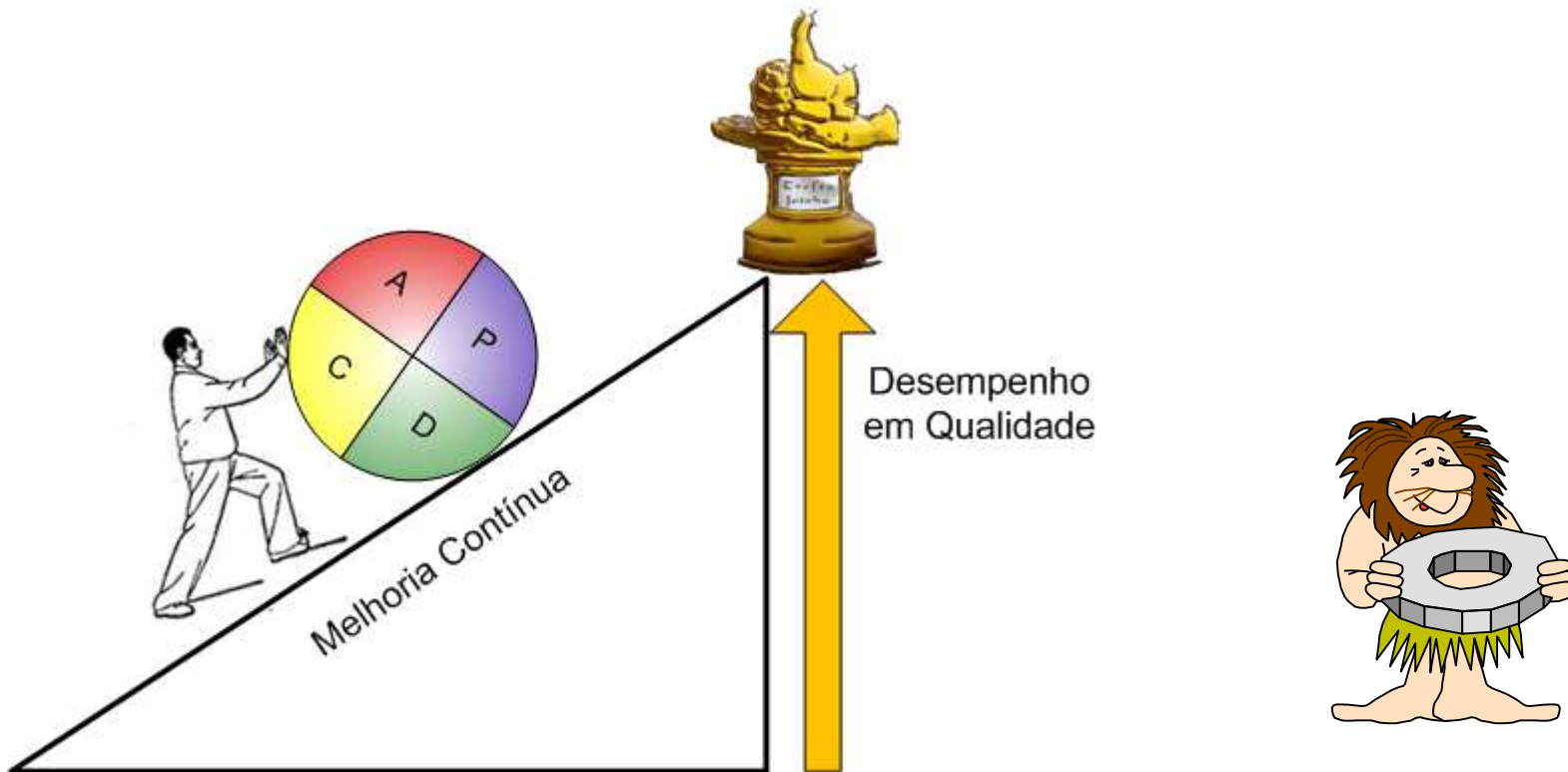
- ✓ Pode ser utilizado em qualquer empresa, de forma a garantir o sucesso nos negócios, independentemente da área ou departamento.







# Como se Roda o PDCA? A base do Kaizen...





---



CEP



## Controle Estatístico de Processo - CEP

O CEP, gráfico de controle, ou carta de controle, funciona como um "sensor", permitindo que se acompanhe o andamento de um processo ao longo do tempo com o intuito de monitorar e identificar as causas das variações na qualidade de um produto ou serviço.





## Fontes de variações em processos

A variação devida a Causas Comuns, também denominada de Causas Aleatórias, é inevitável e, fatalmente, ocorre em qualquer processo, mesmo que a operação seja executada com o uso de matérias-primas e métodos padronizados.





# Fontes de variações em processos

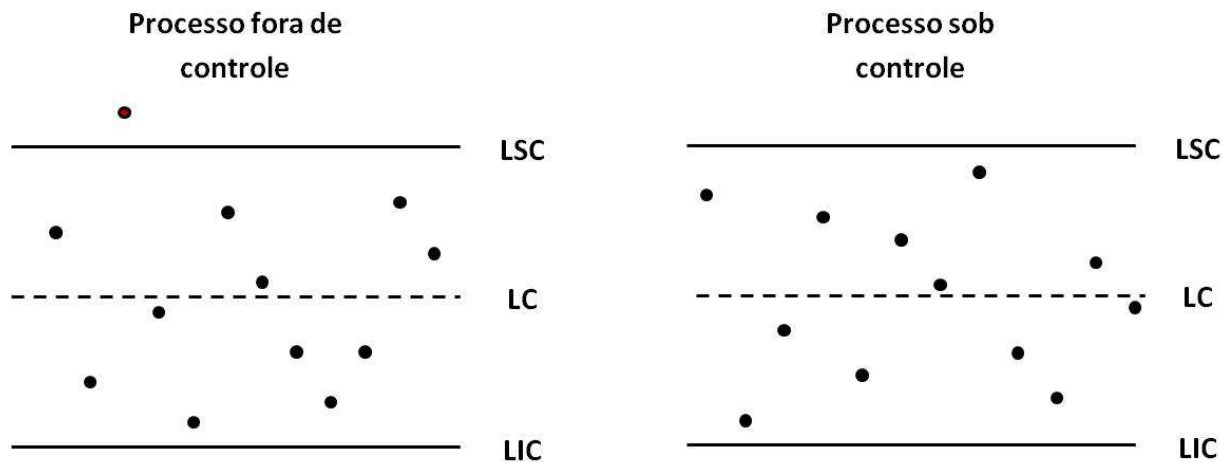
A variação devida a **Causas Especiais**, também denominada de **Causas Assinaláveis**, indica que existem fatores relevantes a serem investigados. São variações que devem ser evitadas e não podem ser negligenciadas: existem casos gerados pelo uso de material inadequado, falta de preparo da mão de obra, não cumprimento de padrões ou aplicação de padrões inadequados.





# CEP - representação

Um gráfico de controle consiste em uma linha central, também denominada de limite médio, um par de limites de controle, superior e inferior, e valores característicos marcados no gráfico representando o estado de um processo.





## CUIDADO

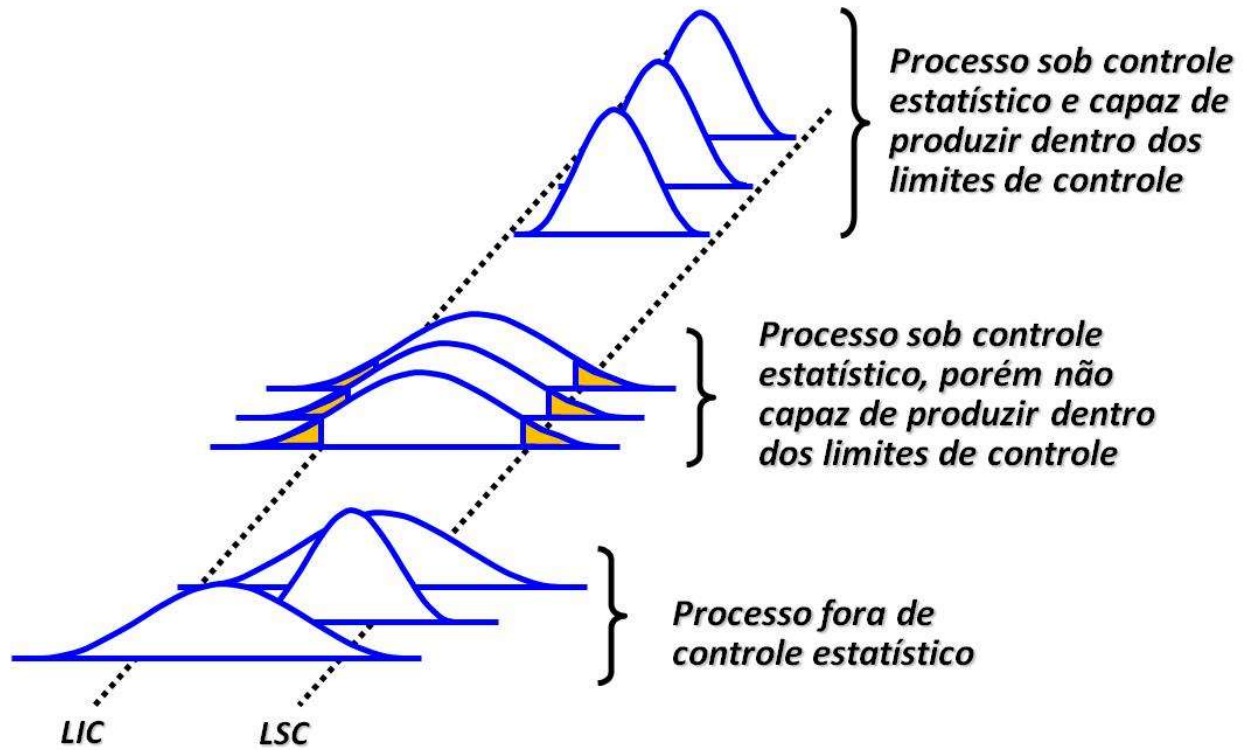
- ✓ Esses limites de controle (LSC e LIC) são definidos a partir dos dados coletados e da aplicação de técnicas estatísticas. A função dessas linhas de referência é facilitar a análise e compreensão das possíveis causas de variação verificadas em um processo.
- ✓  $LSC \neq LSE$
- ✓  $LIC \neq LIE$







# CEP





# Capacidade de processo

Processo não capaz: “a dispersão do processo é maior do que a tolerância permitida pelos limites de especificação.”

Processo capaz: “a dispersão do processo se enquadra na tolerância permitida pelos limites de especificação.”



---



# 6 Sigma



# O que é 6 Sigma

A organização que possui desempenho 6 Sigma demonstra uma das seguintes definições:

o número de desvios-padrão que cabem entre o centro e o limite de especificação é 6; ou

A medida do número de defeitos em relação à oportunidade de defeitos produzidos por um processo é de 3,4 defeitos por 1 milhão de oportunidades de defeitos.





# Sigma – medida estatística

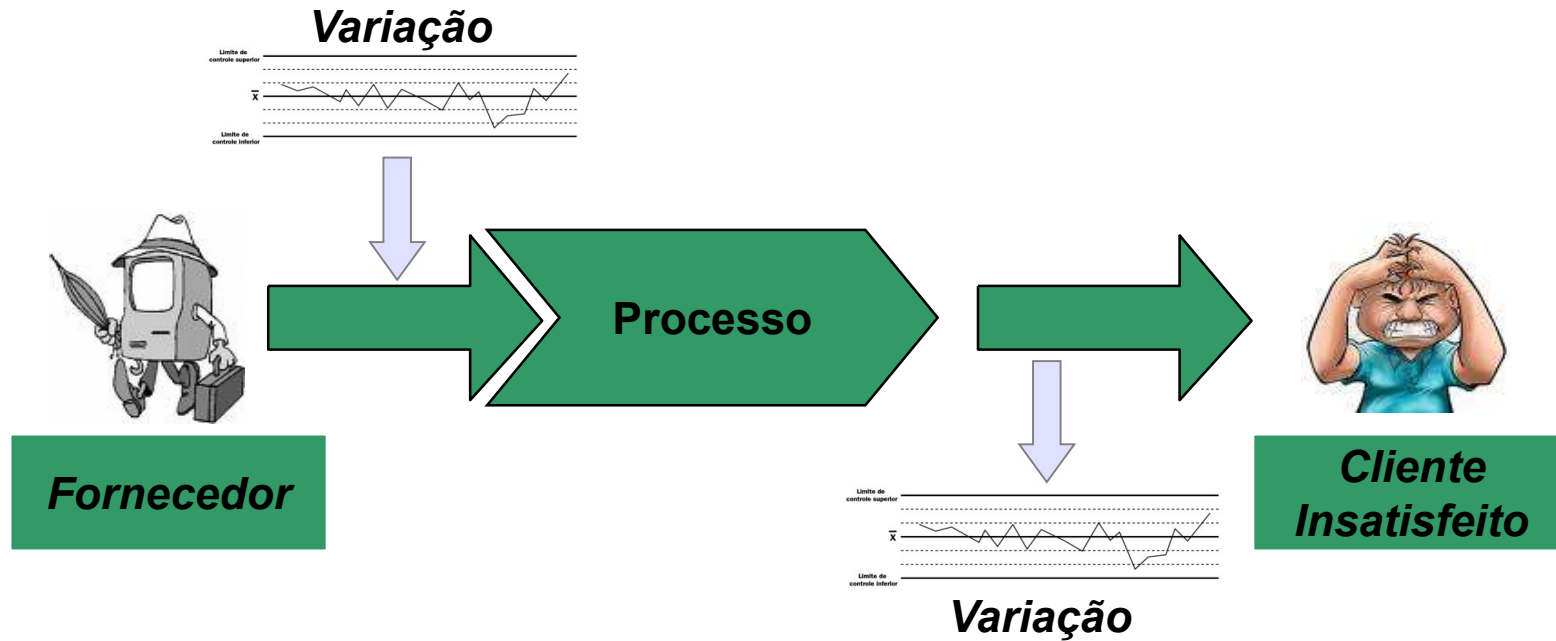
Métrica do negócio usada para indicar o desempenho do processo em relação a determinada especificação.

O termo 6 Sigma se refere à medida de capacidade (capacidade) do processo.





# 6 Sigma

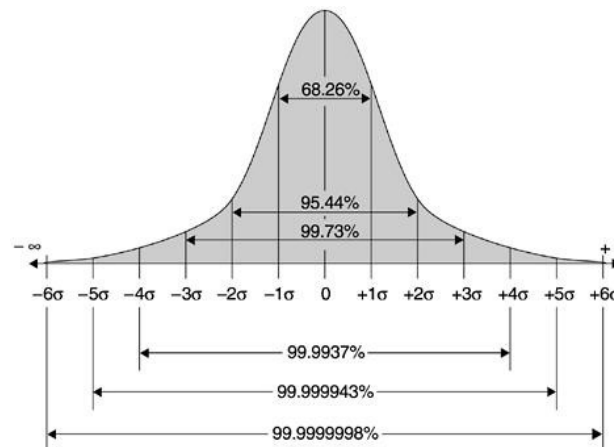


***Variações nas características críticas do produto ou serviço causam insatisfação nos clientes. O foco de todo e qualquer Programa da Qualidade é reduzir ao máximo essas variações.***



# 6 Sigma

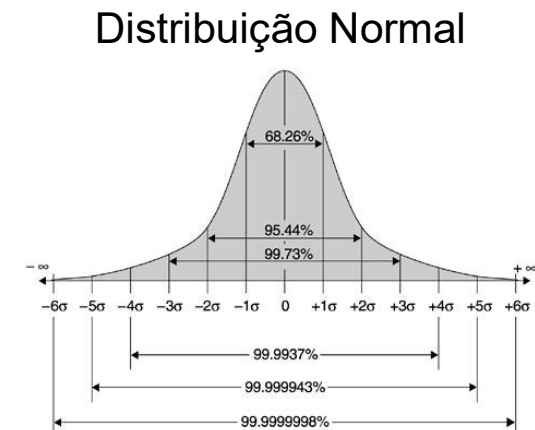
Um grande número de estudos estatísticos sobre produção e qualidade podem utilizar a distribuição normal. Esta teoria estatística pode ser aplicada no controle de falhas do processos, produtos ou serviços.





# 6 Sigma X Defeitos X Cpk

Nível Sigma	PDMO*	PDMO*	Cpk		
1 $\sigma$	691.460	69%	0,33	Red	Não Competitivo
2 $\sigma$	308.537	31%	0,67		
3 $\sigma$	66.807	6,8%	1,00	Yellow	Competitivo
4 $\sigma$	6.210	0,62%	1,33		
5 $\sigma$	233	0,023%	1,67	Green	Classe Mundial
6 $\sigma$	3,4	0,00034 %	2,00		



\*Defeitos Por Milhões de Oportunidade







# Processo Convencional

Índice	Equação	Interpretação
Cp	$\frac{(LSE - LIE)}{6\sigma}$	Se o valor de Cp for inferior a 1, o processo é considerado “não capaz”. Na prática, adota-se o valor mínimo de 1,3 para se afirmar que um processo é capaz.
Cpk	Menor valor entre: $\frac{(LSE - \bar{X})}{3\sigma} \text{ e } \frac{(\bar{X} - LIE)}{3\sigma}$	Índice utilizado para avaliar se a média do processo está centrada com o valor alvo. Na prática, adota-se o valor mínimo de 1,33 para se afirmar que a média do processo está centralizada.





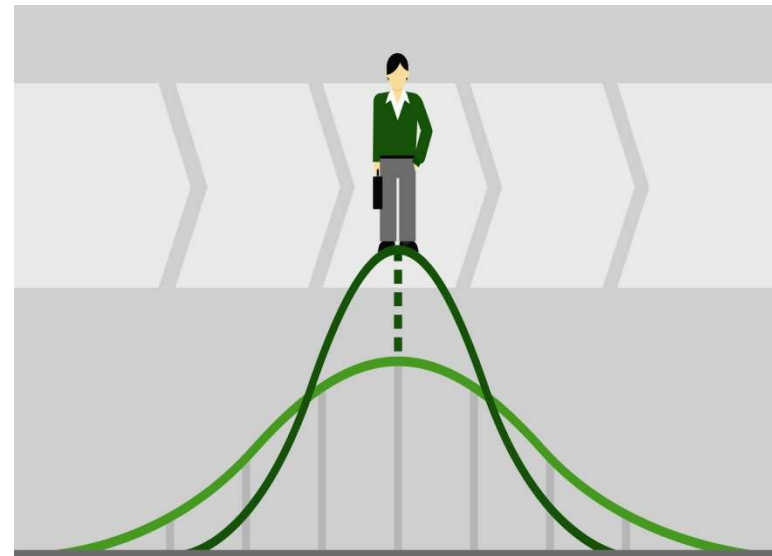
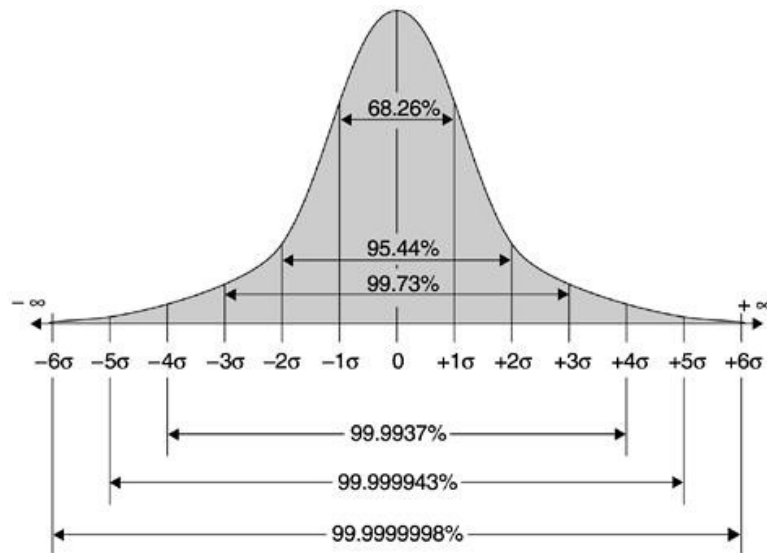
## Processo Convencional - 99% de produtos bons

- 25 reservas incorretas de carro por companhia por mês;
- 12 acidentes aéreos a cada 1200 decolagens;
- 15 minutos por dia de água não potável;
- 5.000 cirurgias incorretas por semana;
- 200.000 receitas médicas incorretas por ano;
- 7 horas de falta de energia elétrica por mês;
- 5 mensagens de e-mail perdidas por mês;
- 3,5 horas sem TV a cabo por mês;
- 15.000 pacotes de sedex perdidos por semana.





# 6 Sigma - busca





## Processo 6 Sigma - 99,99966% bom

- 7 itens perdidos por hora pelo correio;
- 1 minuto de água não potável a cada 7 meses;
- 2 cirurgias incorretas por semana;
- 1 aterrissagem incorreta a cada 5 anos num grande aeroporto;
- 68 receitas médicas incorretas por ano;
- 1 hora de falta de energia elétrica a cada 34 anos.

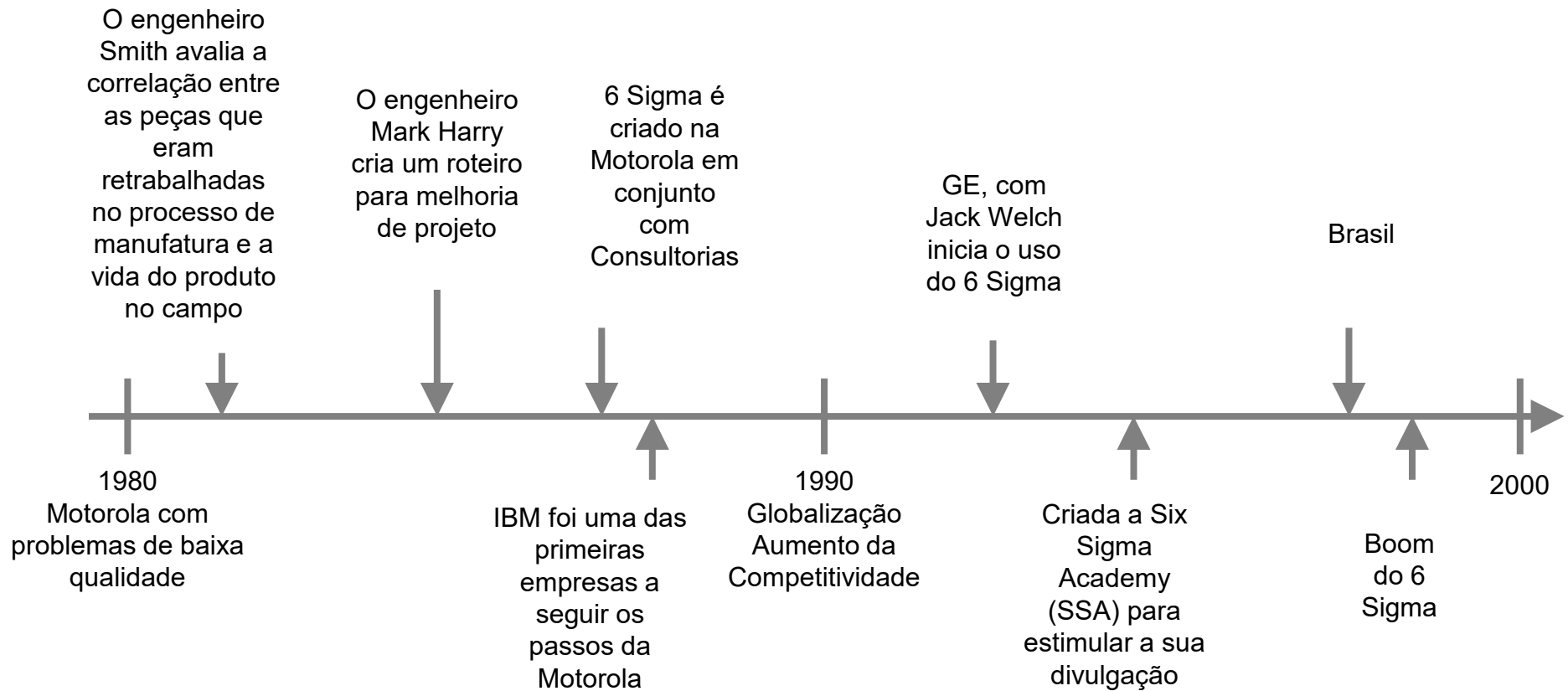
---

# 6 Sigma – histórico

Criado na Motorola em conjunto  
com Consultorias



# Histórico - 6 Sigma (aproximado)





# GE – números divulgados

- GE Medical Systems: o tempo de diagnóstico de um scanner foi reduzido de 3 minutos para 17 segundos.
- GE Plastics: aperfeiçoamento de um processo de produção de plástico aumentou o faturamento e possibilitou o fechamento de um contrato com a Apple.
- Aumento de 59% no giro de estoque;
- Em 4 anos a GE economizou mais de US\$1,5 bilhão com o programa 6 Sigma.





# Por que adotar?

- Para melhorar o negócio
  - ✓ Resolução de Problemas
  - ✓ Tomada de Decisão com base em Fatos
- Para aumentar a eficácia dos investimentos
  - ✓ Diminuir custos de falhas, defeitos, etc
  - ✓ Aumentar produtividade
  - ✓ Aumentar valor da empresa no mercado
- Para melhorar o relacionamento com clientes
  - ✓ Aumentar vendas
  - ✓ Vencer a concorrência

Autor: Prof. Dr. Alberto W. Ramos







# Complementando...

## Seis Sigma é:

- Um mapa geral que ajuda a integrar as ferramentas e métodos de solução de problemas, visando a melhoria;
- Pode ser aplicado a todo tipo de processo: suporte ou negócio;
- A metodologia é aplicada por todos, não só por especialistas;
- Aplicação intensiva do pensamento estatístico na empresa, com foco nas ferramentas básicas da qualidade e, quando necessário, ferramentas mais complexas.



# Características do Seis Sigma

- Formação de especialistas dentro da própria empresa (Black Belts e Green Belts);
- União de várias ferramentas;
- Enfoque na aplicação prática dos conceitos, com projetos em equipe;
- Acompanhamento financeiro dos resultados;
- Acompanhamento da performance dos processos através de métricas consistentes;
- Gerenciamento baseado em fatos e dados;
- Participação ativa da Liderança;
- Foco no cliente e em melhoria contínua;
- Todas as áreas devem ser envolvidas.

Autor: Prof. Dr. Alberto W. Ramos





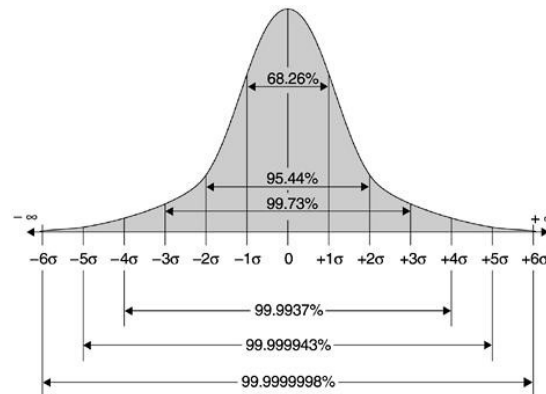
# Cálculo dos Defeitos Por Milhões de Oportunidade





# Como calcular os 3.4 defeitos?

- Na estatística a letra sigma ( $\sigma$ ) é utilizada para designar o desvio padrão, um valor que representa a variabilidade existente em um processo.
- Se os limites de especificação estão a uma “distância” de 3 desvios padrão de cada “lado” do valor nominal, ou alvo, ela produzirá cerca de 99,73% deles com qualidade e o resto será refugo ou retrabalho.



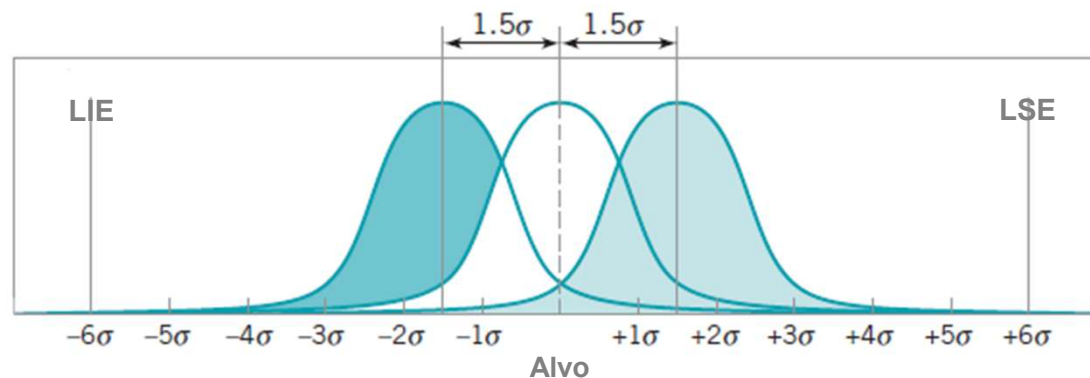


## Como calcular os 3.4 defeitos?

Em um processo seis sigma “precisa caber” 6 desvios padrão ( $\sigma$ ) entre as especificações, ao invés de 3.

O processo precisa ter variabilidade pequena. Contudo, mesmo um processo considerado estável está sujeito a perturbações.

As perturbações podem deslocá-lo até 1,5 desvio padrão do seu alvo.





## Como calcular os 3.4 defeitos?

- Um processo 6 sigma é aquele em que entre o limite inferior de especificação e o superior de especificação existe 4.5 sigmas para cada lado do valor nominal, o que resulta em 3.4 ppm.
- Usar função do Excel (=DIST.NORMP.N(Z;1);
- $6\sigma - 1,5\sigma = 4,5\sigma \Rightarrow$  Tabela Normal:  $Z(4,5) = 0,999996602327$ ;
- $DPMO = (1.000.000 * (1 - 0,999996602327)) = 3,4$ .





# EQUIPE 6 SIGMA

---





# Estrutura

- O capital humano é um dos principais pilares de sustentação da estratégia seis sigma.
- As ideias e a forma como são conduzidos os projetos estão nas mãos das pessoas, da sua criatividade, do seu comportamento e de suas atitudes.
- O programa seis sigma tem uma estrutura bem definida, que possibilita o desenvolvimento de um plano de carreira sustentado nos resultados dos projetos desenvolvidos na organização.







# Estrutura

- A estrutura independe do organograma da empresa;
- A equipe é formada para a condução e desenvolvimento dos projetos seis sigma.
- Quanto maior o resultado dos projetos, maior a possibilidade de crescimento profissional na hierarquia da estrutura da equipe seis sigma.





# Estrutura

- SPONSOR - PATROCINADOR - EXECUTIVO LÍDER
  - ✓ São membros da diretoria ou da alta administração;
  - ✓ Definem as diretrizes da estratégia seis sigma (top down - de cima para baixo);
  - ✓ Incentiva as iniciativas do seis sigma;
  - ✓ Verifica os benefícios financeiros dos projetos;
  - ✓ Seleciona os CAMPEÕES (champions);
  - ✓ Responsável pela implantação do seis sigma.





# Estrutura

- CHAMPIOM – CAMPEÃO
  - ✓ Em geral, são diretores e gerentes relacionados à alta administração;
  - ✓ Direcionam o programa seis sigma;
  - ✓ Identificam os projetos de melhoria;
  - ✓ Organizam a implementação do seis sigma por toda a organização;
  - ✓ Determinam quem irá disseminar os conhecimentos sobre o seis sigma.





# Estrutura

- MASTER BLACK BELT – MESTRE FAIXA PRETA
  - ✓ Consultor ou profissional da empresa;
  - ✓ Possui elevado grau de conhecimento em estatística e ferramentas para os projetos seis sigma;
  - ✓ Atuam em tempo integral com as seguintes funções:
    - ✓ orientar os BLACK BELTS;
    - ✓ assessorar os CHAMPIONS na escolha de projetos;
    - ✓ treinar os GREEN BELTS;
    - ✓ responsável pela criação de mudanças na organização;
    - ✓ é responsável pela estratégia, treinamento e desenvolvimento dos BLACK BELTS;
  - ✓ Fornece auxílio no uso de ferramentas estatísticas e de qualidade adequadas.





# Estrutura

- BLACK BELT - FAIXA PRETA
  - ✓ Assumem importantes funções com dedicação em tempo integral;
  - ✓ Atuam como agentes de mudança;
  - ✓ São responsáveis pela condução dos projetos estratégicos, envolvendo diferentes áreas e com significativo impacto financeiro;
  - ✓ Disseminam o conhecimento seis sigma pela empresa;
  - ✓ Orientam, lideram e treinam os GREEN BELTS.





# Estrutura

- GREEN BELT - FAIXA VERDE
  - ✓ Dedicam tempo parcial aos projetos seis sigma e recebem um treinamento mais simples do que o do Black belts.
  - ✓ Suas funções são:
    - São líderes de equipe em projetos funcionais;
    - Auxiliar os BLACK BELTS na coleta de dados e no desenvolvimento dos projetos;
    - Liderar pequenos projetos de melhoria;
    - Fornecem suporte à implantação e aplicação das ferramentas seis sigma.





# Estrutura

- WHITE BELT - FAIXA BRANCA
  - ✓ Profissionais com dedicação de tempo parcial aos projetos;
  - ✓ Apoiam os GREEN BELTS na implementação dos projetos no nível operacional.





# PROJETO 6 SIGMA

---

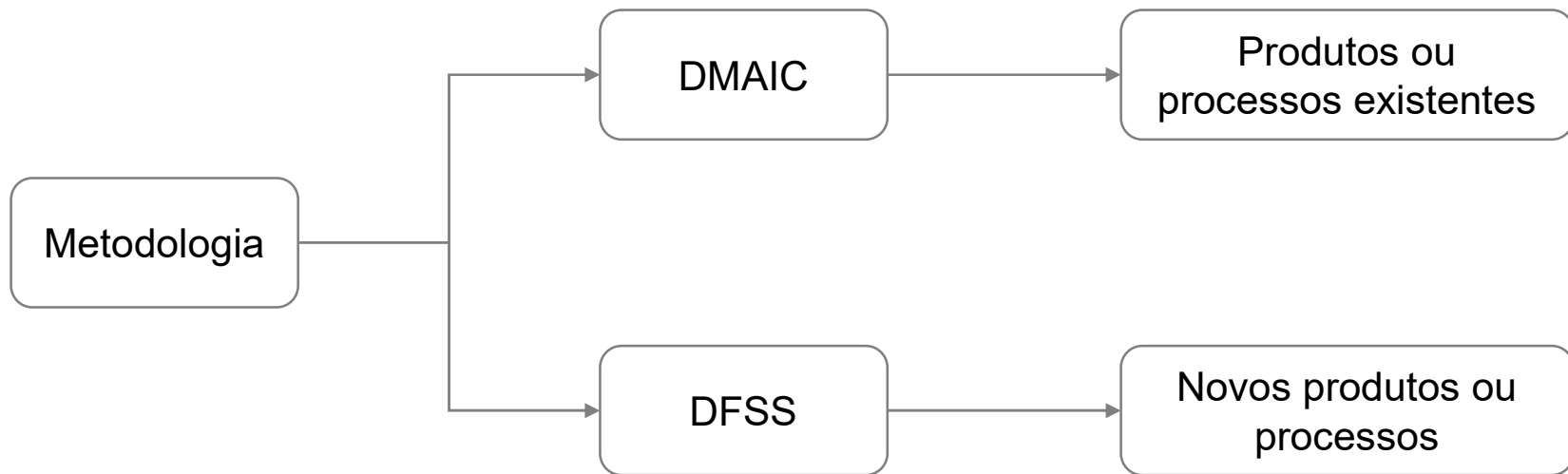






# Método

Para conduzir um projeto de melhoria de produtos e processos existentes, o projeto seis sigma deve seguir o método estruturado DMAIC.





# Seis Sigma

**D** **M** **A** **I** **C**

## **Características**

- ✓ *Formação de especialistas dentro da própria empresa (Black Belts e Green Belts);*
- ✓ *União de várias ferramentas;*
- ✓ *Enfoque na aplicação prática dos conceitos, com projetos em equipe;*
- ✓ *Acompanhamento financeiro dos resultados;*
- ✓ *Acompanhamento da performance dos processos através de métricas consistentes;*
- ✓ *Gerenciamento baseado em fatos e dados;*
- ✓ *Participação ativa da Liderança;*
- ✓ *Foco no cliente e em melhoria contínua;*
- ✓ *Todas as áreas devem ser envolvidas.*



# Contexto

- D** ✓ *Definir as oportunidades*  
O que é importante?
- M** ✓ *Medir o desempenho*  
Como estamos?
- A** ✓ *Analisar as oportunidades*  
O que está errado?
- I** ✓ *Melhorar o desempenho*  
O que precisa ser feito?
- C** ✓ *Controlar o desempenho*  
Como o desempenho é garantido?





# Método

**D**

Definir as oportunidades.

Priorizar entre os muito triviais os pouco vitais.

**M**

Medir o desempenho

Avaliar o sistema de medição.

Capacidade do Processo.

**A**

Analisar as oportunidades

Analisar os dados (estatística).

Analisar o processo (engenharia).

**I**

Melhorar o desempenho

Implantar as melhorias planejadas (plano de ação).

**C**

Controlar o desempenho

Garantir que as melhorias implantadas não sejam perdidas.