

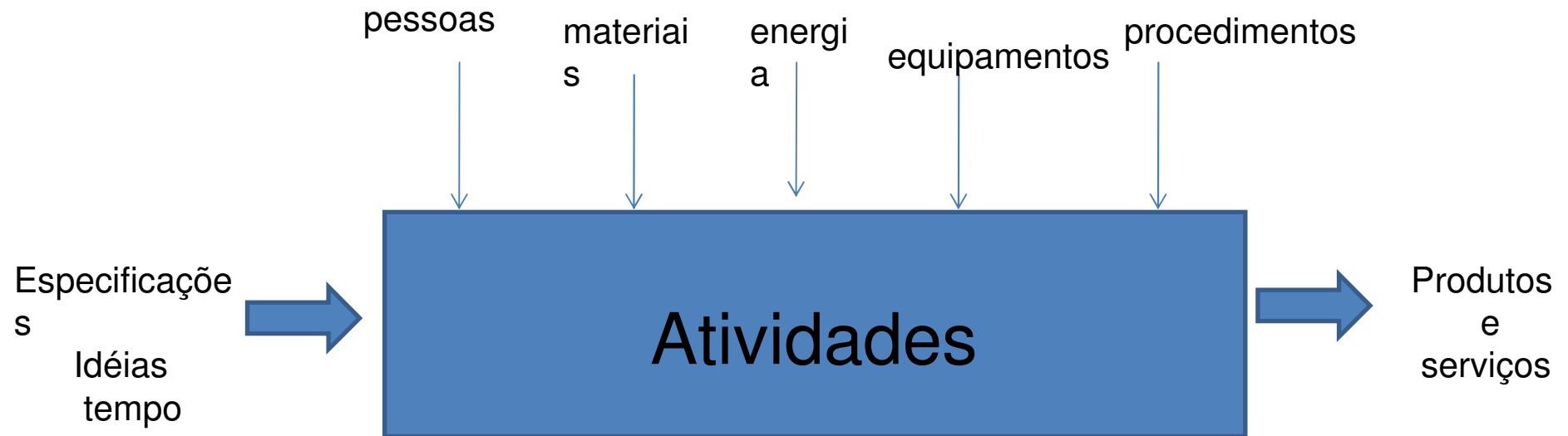
Controle Estatístico de Processos para Desenvolvimento de Software

Fernando Mori

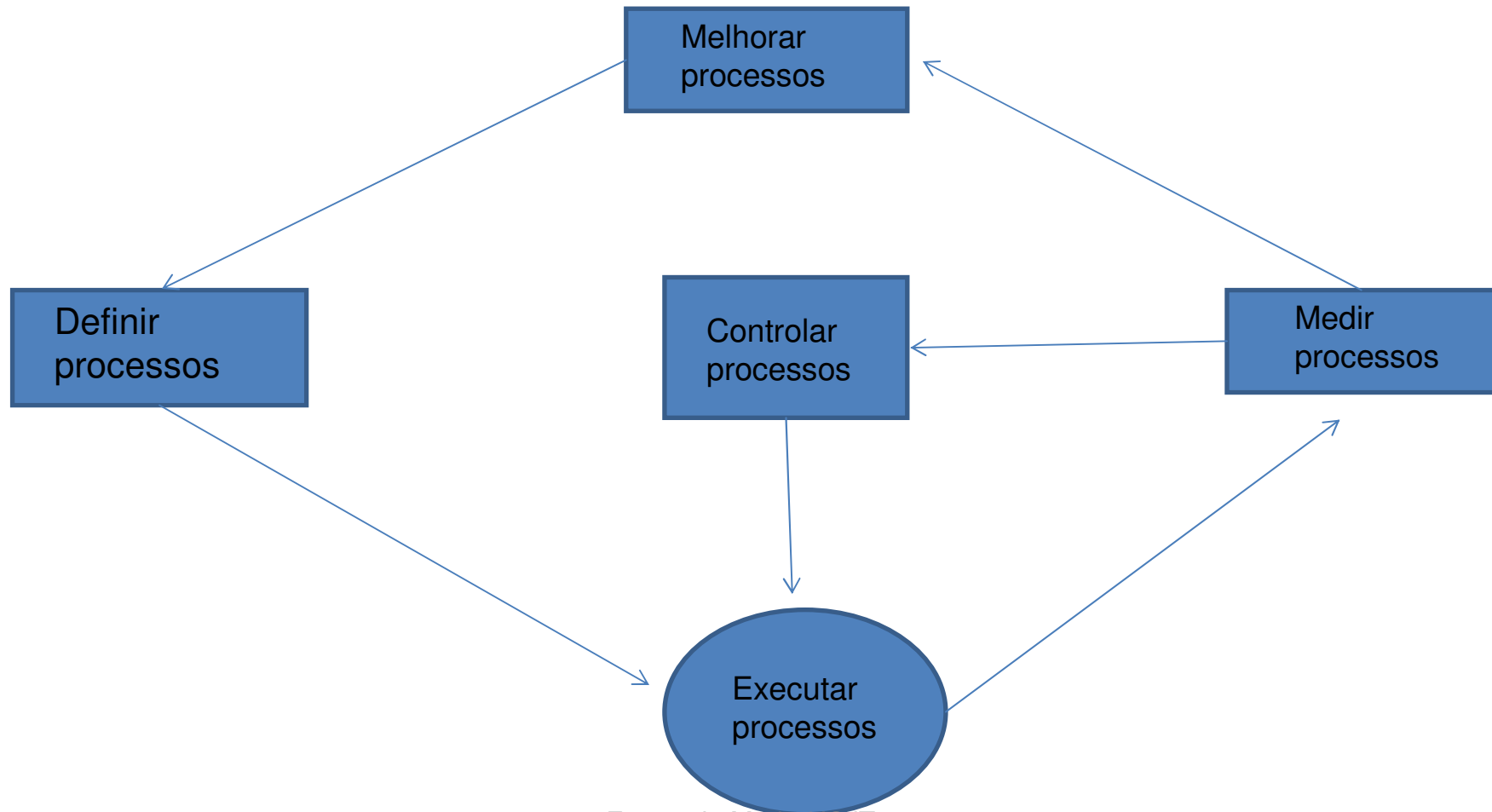
Conteúdo da Apresentação

1. Controle Estatístico de Processos e Desenvolvimento de Software.
2. Fundamentação Estatística para os Gráficos de Controle.
3. Variabilidade de Processos.

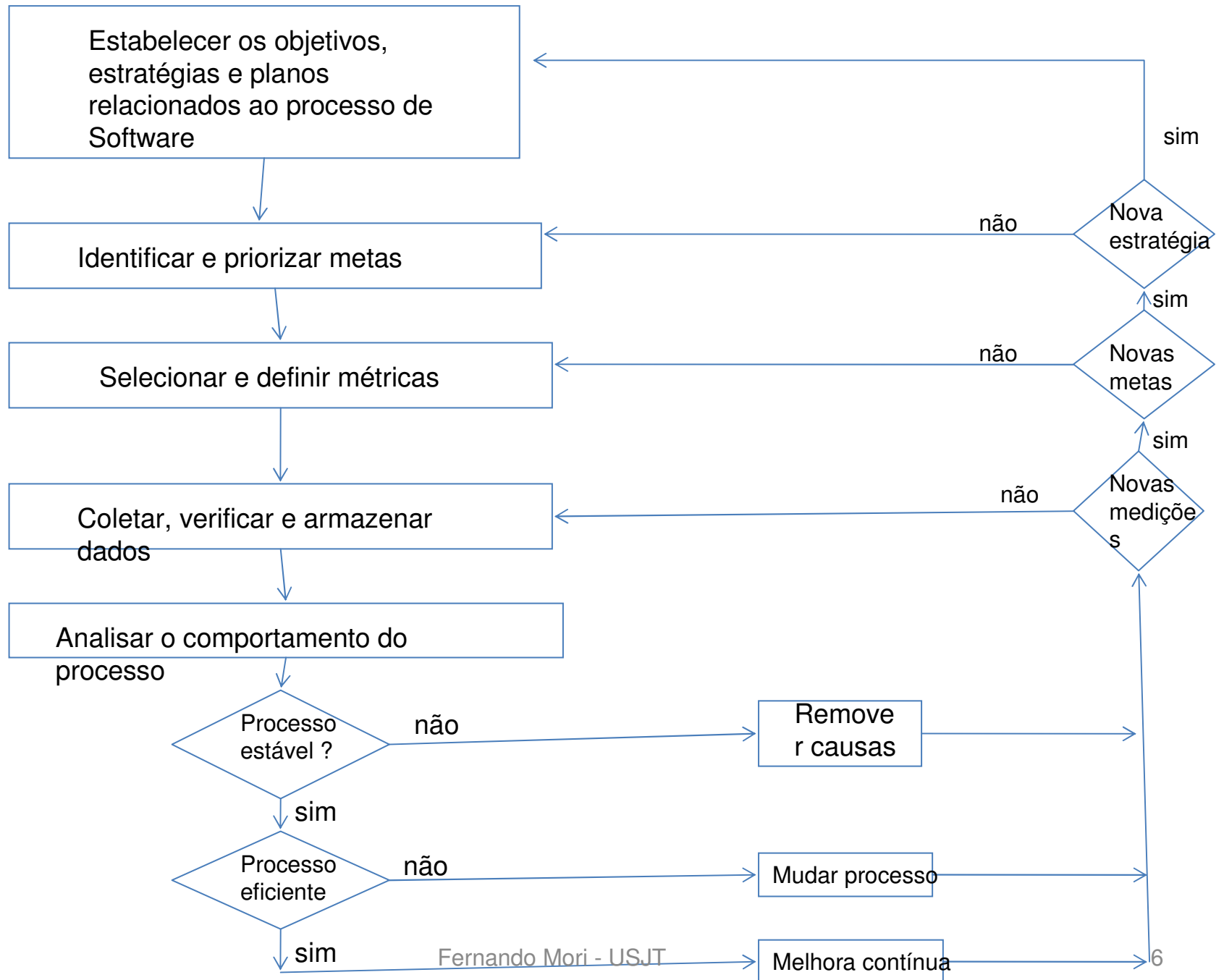
Definição de Processo



Responsabilidades na Gestão dos Processos



Framework para a medição do comportamento do Processo



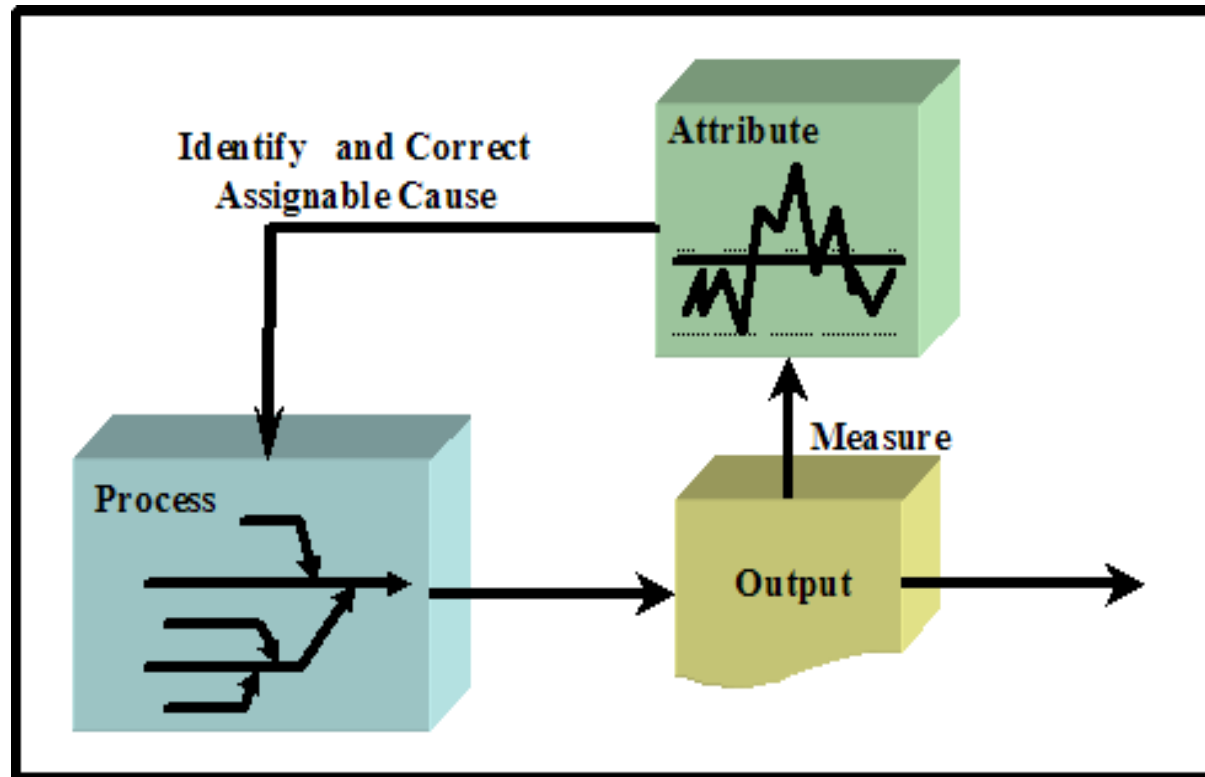
Controle Estatístico de Processos

Controle Estatístico de Processos pode ser aplicado ao processo de desenvolvimento de Software.

Um processo tem uma ou mais saídas, e essas saídas tem atributos mensuráveis.

SPC é baseado na idéia de que esses atributos tem duas fontes de variação: uma natural e a outra que pode ser atribuída a causas que podem ser identificáveis.

Controle Estatístico de Processos



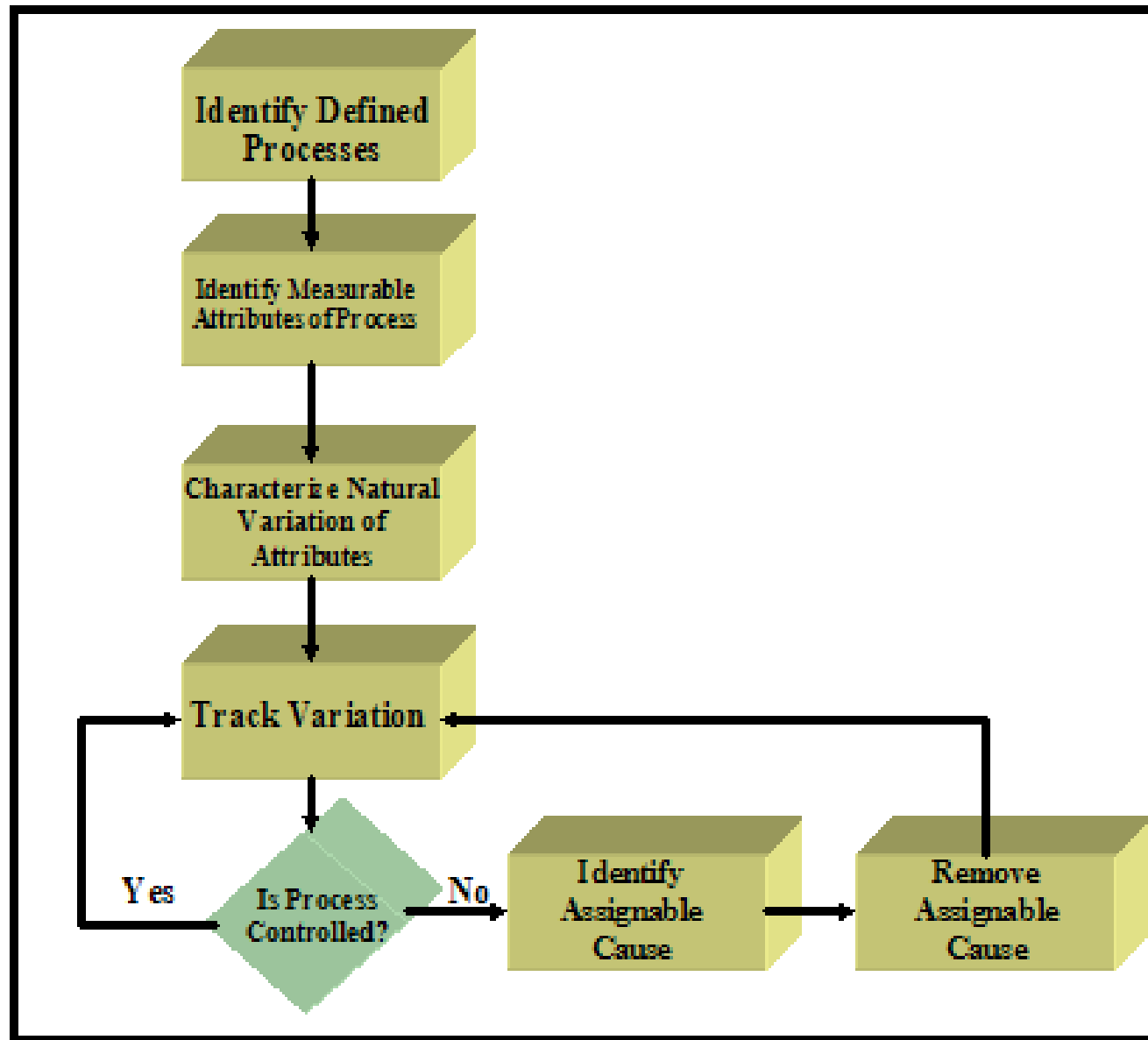
Controle Estatístico de Processos

Se a variabilidade observada dos atributos de um processo estiver dentro do intervalo de variabilidade das causas naturais, dizemos que o processo está sob controle estatístico.

Os profissionais que usam o SPC rastreiam a variabilidade do processo a ser controlado. Quando essa variabilidade excede o intervalo a ser esperado das causas naturais, identificamos e corrigimos as causas responsáveis do processo em questão.

Controle Estatístico de Processos

Os relatórios do SPC no desenvolvimento e manutenção de software tende a se concentrar em alguns poucos processos de software. Em geral SPC tem sido usado no controle de inspeções formais de software, testes, manutenção e em melhorias do processo de pessoal.



Controle Estatístico de Processos

A tabela a seguir nos dá uma idéia do uso de SPC em organizações de nível 4 ou superior da métrica SEI CMM de maturidade dos processos mostra os tipos mais comuns usados na aplicação de SPC a software.

Uso dos Gráficos de Controle

Tipo do Gráfico de Controle	Porcentagem
Xbar-mR	33.3%
u-Chart	23.3%
Xbar	13.3%
c-Chart	6.7%
z-Chart	6.7%
Not clearly stated	16.7%

Localização de UCL – LCL em gráficos de controle

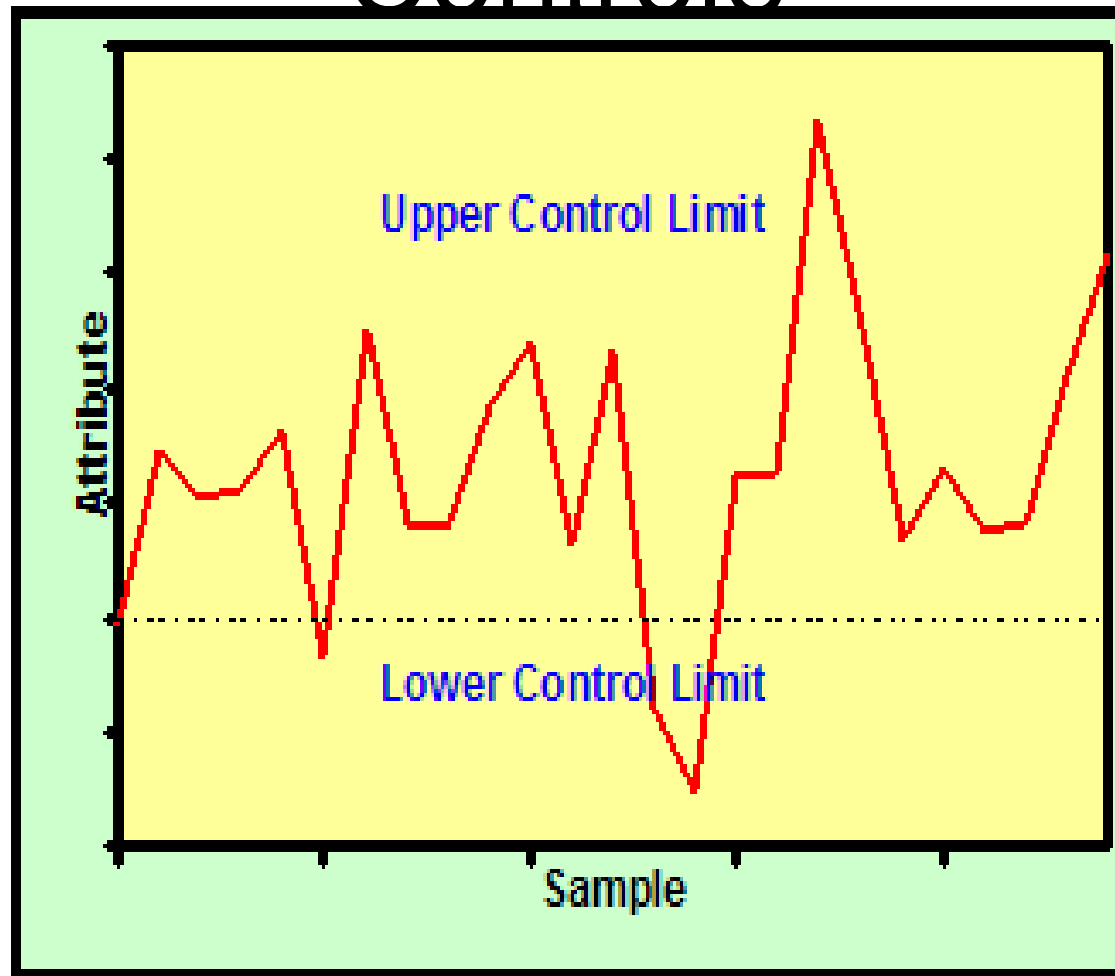
Localização	Porcentagem
Tres-sigma	16%
Dois-sigma	4%
Um-Sigma	8%
Combinação	16%
Nenhuma	24%

Uso de outras técnicas estatísticas

Técnicas Estatísticas	Porcentagem
Run Charts	22.8%
Histograms	21.1%
Pareto Analysis	21.1%
Scatter Diagrams	10.5%
Regression Analysis	7.0%
Pie Charts	3.5%
Radar/Kiviat Charts	3.5%
Other	10.5%

- Os gráficos de controle são uma tecnologia central para o SPC.
- Quando um processo de software excede os limites de controle, o retrabalho é executado no produto e o processo deve ser consertado.

Exemplo de um Gráfico de Controle



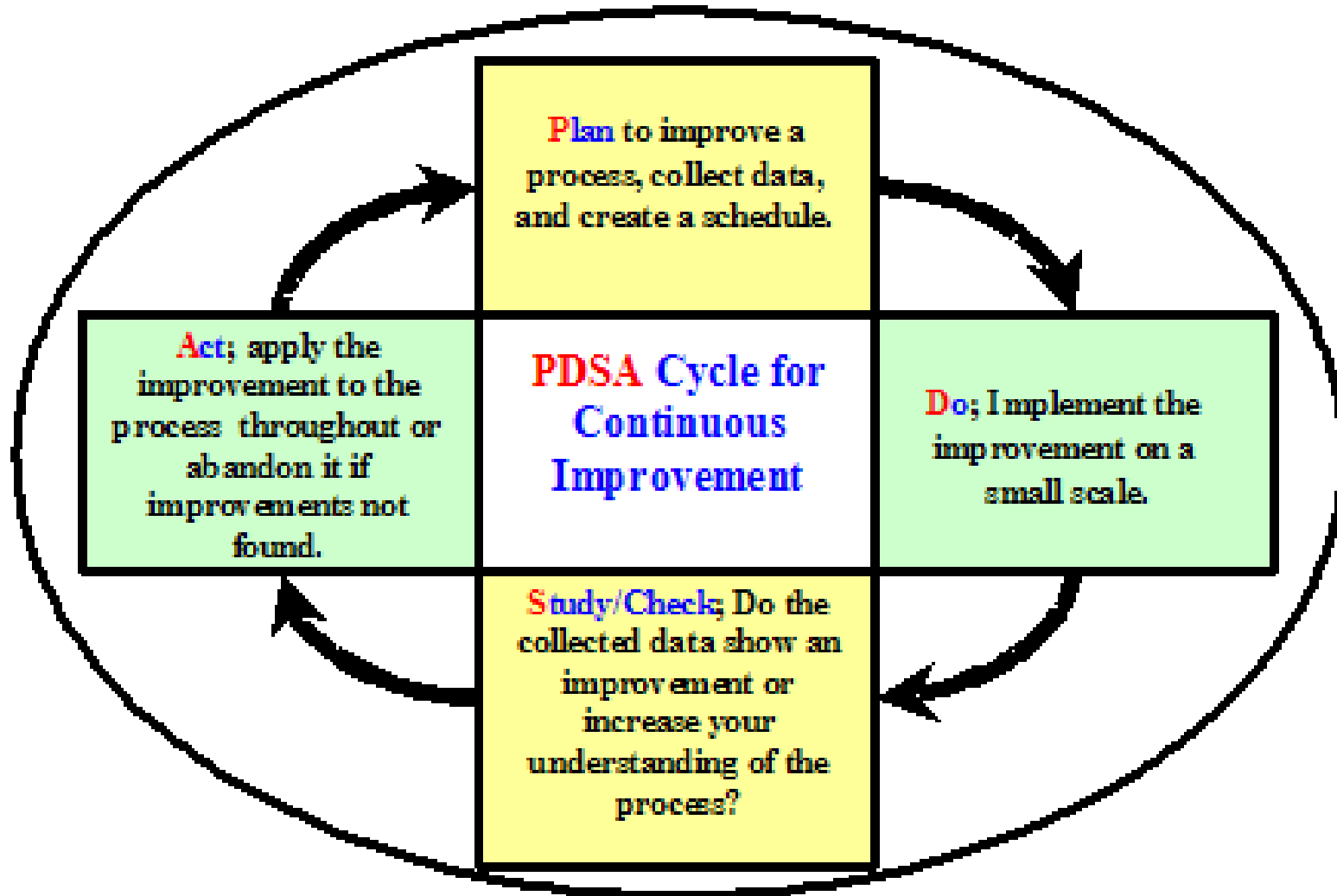
Aplicações da Estatística em Engenharia de Software

Fase	Uso da Estatística
Requisitos	Especifica objetivos de performance que podem ser medidos estatisticamente, por exemplo, zero erros críticos com confiança de 90%.
Design	Uso de experimentos de design para realizar decisão empíricas de design.
Codificação	Gráficos de controle aplicados a inspeções.
Testes	Gráficos de controle também podem ser aplicados a fase de testes.

As 7 Ferramentas da Qualidade

Ferramenta	Exemplo de Uso
Documento de Controle	Para contar o número de ocorrências de problemas.
Histograma	Para identificar tendências centrais e qualquer desvio para um lado ou outro.
Gráfico de Pareto	Para identificar os 20% dos módulos que dão os 80% dos problemas.
Diagrama de Causa e Efeito	Para identificar causas.
Diagrama de Espalhamento	Para identificar correlações e sugerir alguma causa.
Gráficos de Controle	Para identificar processos fora de controle.
Gráfico	Para mostra visual dos dados.

Ciclo de Shewart



Controle Estatístico de Processos

Os processos precisam exibir certas características para que possamos usar o SPC.

Critérios do Processo:

1. Bem definido.
2. Ter atributos com medidas observáveis.
3. Ser repetitivo.
4. Ser importante o suficiente para justificar o esforço de monitoração

Implementação do SPC

- **Processo definido:** As medidas devem ser consistentes e por isso não podem ser obtidas de processos de software que não sejam documentados e seguidos por todos.
- **Escolha de Medidas Apropriadas:** As medidas não precisam ser exaustivas. Uma ou duas medidas que forneçam uma visão da performance de um processo ou atividade são adequados, especialmente se as medidas forem relacionadas com o processo.

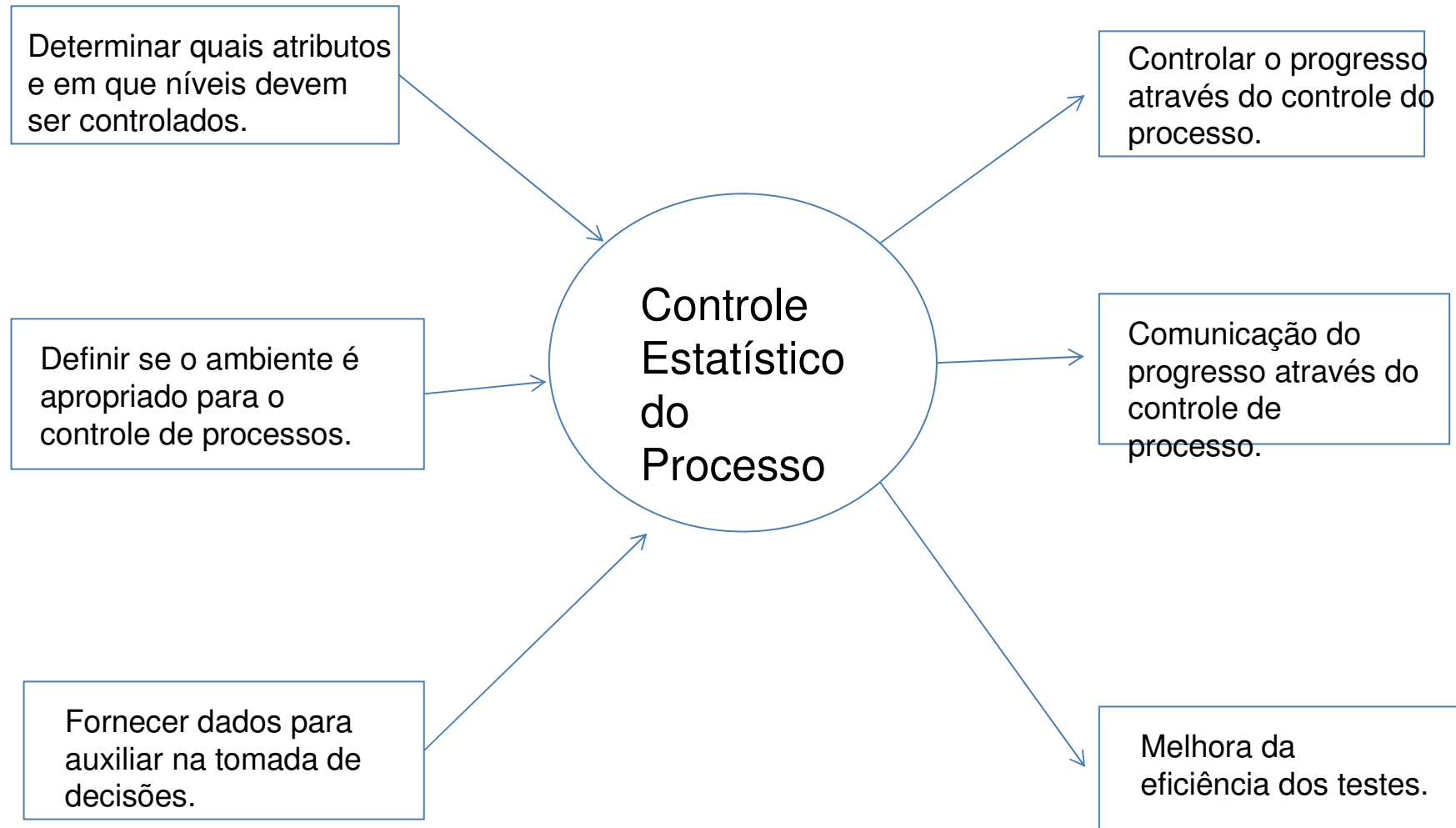
Implementação do SPC

- **Foco em tendências de processos:** Os gráficos de controle devem ser usados para detectar tendências de processos e não eventos individuais que não estejam em conformidade.
- **Calcular os limites de controle corretamente:** O processo de cálculo dos limites de controle deve ser bem estabelecido.

Implementação do SPC

- **Investigar e agir:** O SPC apenas aponta a existência de um problema. Sem investigação detalhada e criação de uma ação corretiva, SPC será um exercício inútil.
- **Fornecer treinamento:** Problemas na implementação do SPC pode ser substancialmente reduzidos com o treinamento das equipes.

Relacionamento do SPC com outras práticas



Relacionamento do SPC com outras práticas (entradas)

- **Determinar quais atributos e em que níveis devem ser controlados:** O SPC só pode ser efetivo se os processos mais críticos forem identificados e controlados por essa técnica. Práticas que ajudam a estabelecer metas claras e pontos de decisão baseados em métricas significativas e atributos são os maiores ganhos quando se usa o SPC.

Relacionamento do SPC com outras práticas (entradas)

- **Definir se o ambiente é apropriado para o controle de processos:** Práticas tais como especificações baseadas em performance e especificações comerciais implicam na geração e coleta de dados. Tais dados podem servir como entrada para o SPC.
- **Fornecer dados para tomada de decisões:** O passo inicial na aplicação do SPC é descobrir processos controláveis e homogêneos. Dados passados podem ser usados para este propósito. Inspeções formais e testes geram métricas que podem ser coletadas. Essas métricas podem ser usadas como base para o SPC.

Relacionamento do SPC com outras práticas (saídas)

- **Controlar o progresso através do controle do processo:** O SPC é usado não apenas para controlar processos, mas também para determinar se os requisitos quantitativos do processo de software estão sendo atingidos. Os resultados do SPC fornecem dados valiosos e informações que podem ser usadas para gerenciar processos em direção a satisfazer completamente os requisitos do projeto. Esta habilidade de gerenciar o progresso é obtida pelas medidas quantitativas do progresso que são inerentes ao SPC, principalmente na sua forma de identificar defeitos e sua correção obedecendo a objetivos específicos de qualidade.

Relacionamento do SPC com outras práticas (saídas)

- **Comunicação de progresso através do controle do processo:** Decisões gerenciais podem ser baseadas no fato de os processos de desenvolvimento estarem ou não sob controle. O SPC apresenta gráficos que dão suporte a essas decisões. O número e os tipos de gráficos que são usados como parte do processo SPC fornece acesso visual a informações e ao progresso que está ocorrendo.
- **Melhora de eficiência e efetividade dos testes:** Ao controlar processos de desenvolvimento de software, o SPC fornece como resultado softwares mais confiáveis. Testes rigorosos que são guiados pelas especificações e suportados por modelos bem documentados e precisos serão muito mais eficientes sob o processo controlado pelo SPC.

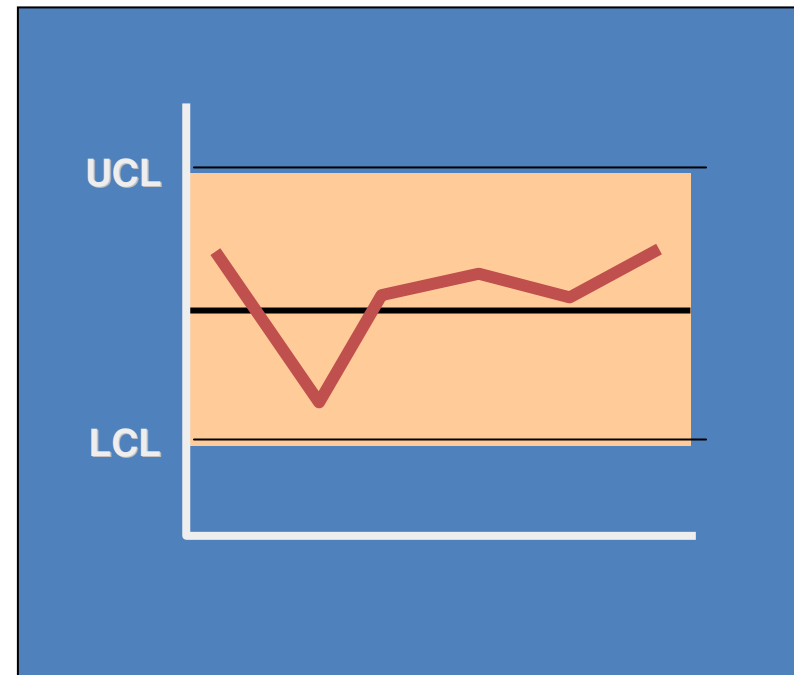
Fundamentação Estatística para Gráficos de Controle

Conteúdo

- Base do Controle Estatístico de Processos
- Gráficos de Controle
- Gráficos de Controle para Atributos
- Gráficos de Controle para variáveis
- Padrões de Gráficos de Controle
- SPC com Excel
- Capacidade do processo.

Base do Controle Estatístico de Processos

- Controle Estatístico de Processos(SPC)
 - Monitoração do processo de produção para detectar e prevenir baixa qualidade
- Amostra
 - Subconjunto de itens usados na inspeção
- Gráficos de Controle
 - Processo está dentro do controle estatístico



Variabilidade

- Aleatória
 - Sem causas específicas
 - Inerente ao processo
 - Só pode ser melhorada através de melhorias no processo como um todo.
- Não aleatória
 - Causas específicas
 - Devida a fatores identificáveis
 - Pode ser modificada através de uma ação gerencial.

Metricas da Qualidade

- **Atributo**

- Característica de um produto que pode ser avaliada com uma resposta discreta
- bom – ruim; sim - não

- **Variável**

- Característica contínua de um produto e que pode ser medida
- peso - comprimento

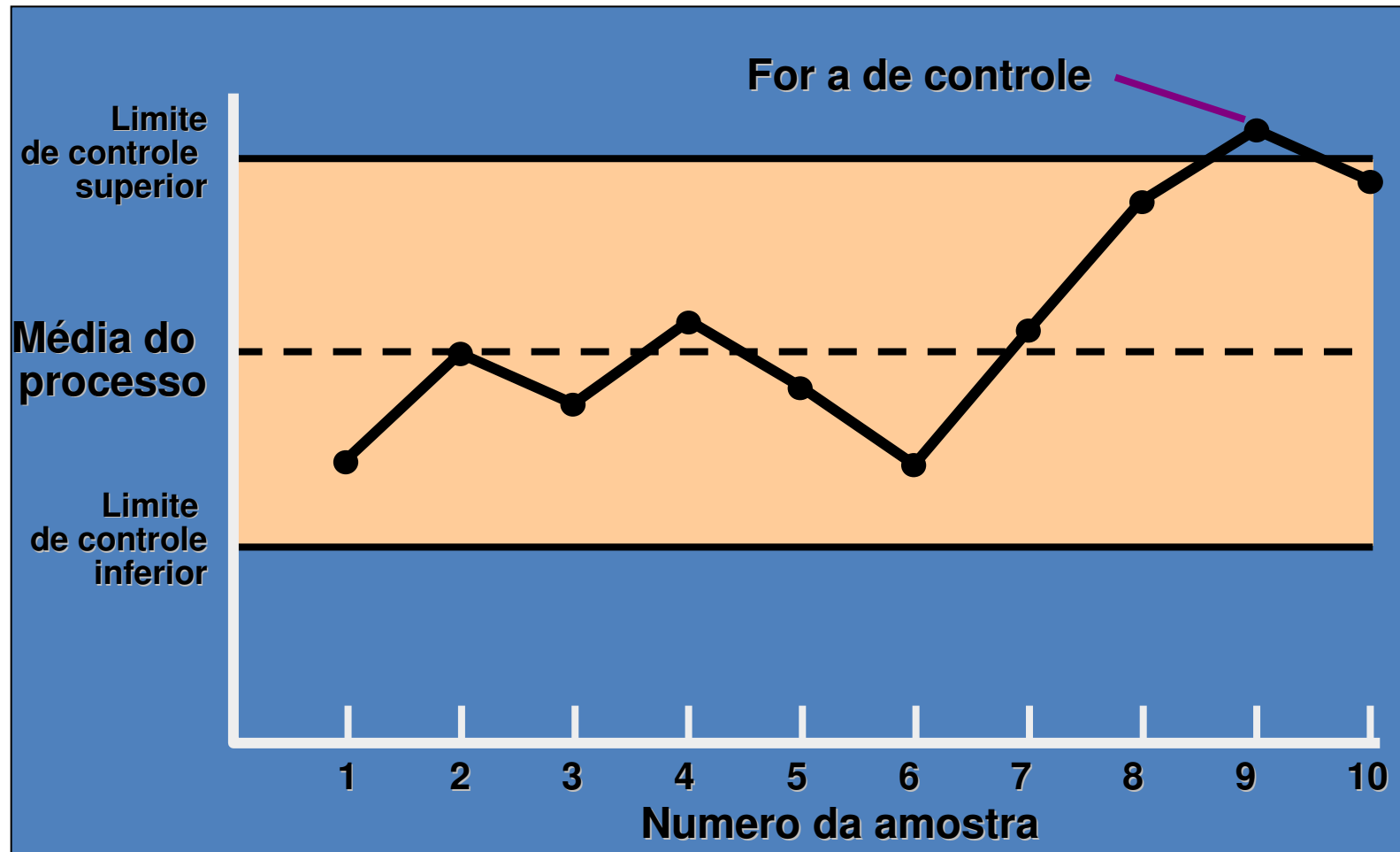
Onde usar gráficos de Controle

- Processos que tem tendencia a sair do controle
- Processos particularmente caro se sair do controle

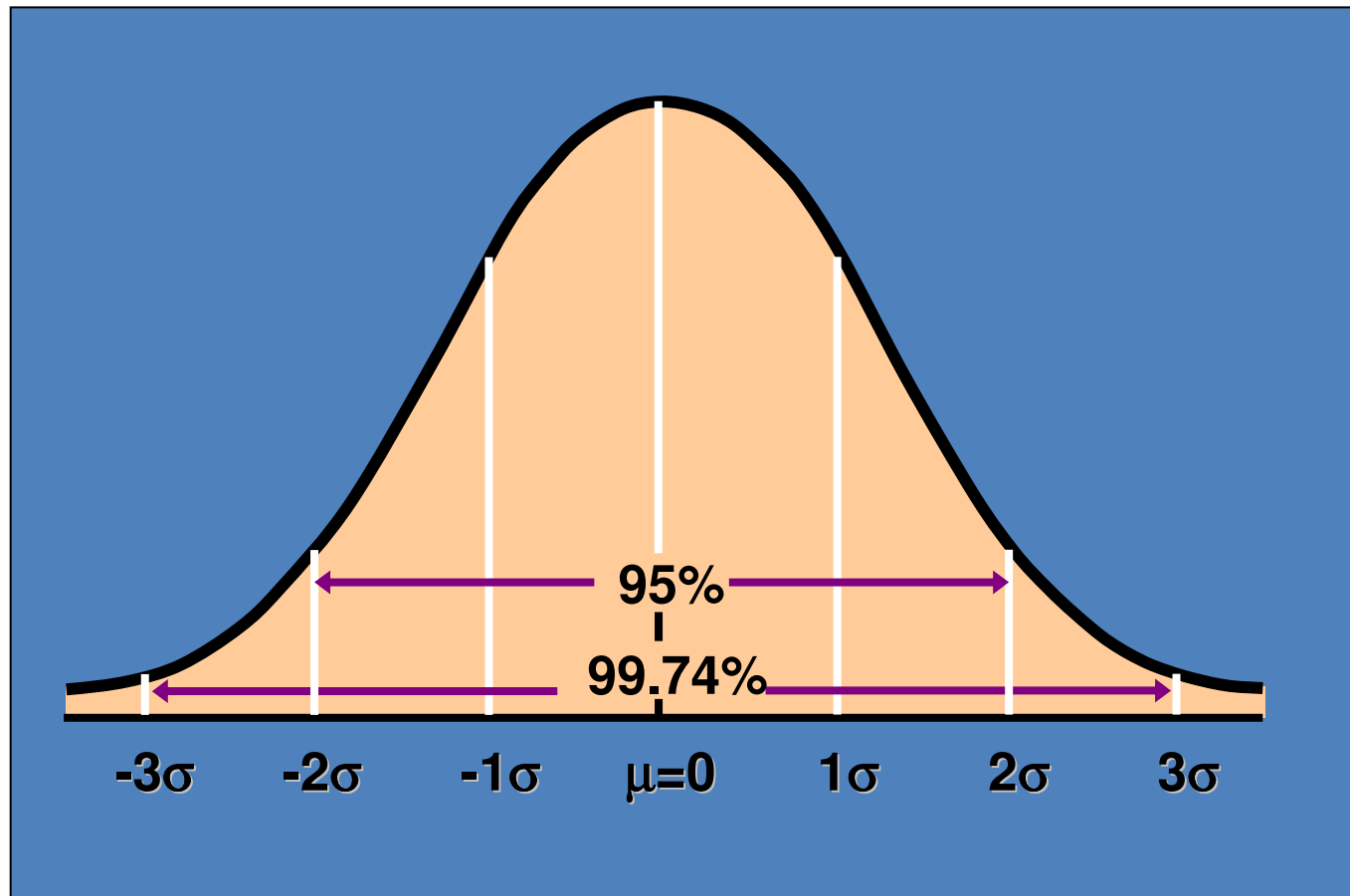
Gráficos de Controle

- Um gráfico que estabelece limites de controle para um processo.
- Limites de Controle
 - Faixas superior e inferior de um gráfico de controle
- Tipos de Gráficos
 - Atributos
 - p-chart
 - c-chart
 - Variáveis
 - intervalo (R-chart)
 - média (x barra – chart)

Gráfico de Controle de Processos



Distribuição Normal



Um processo está sob controle se..

1. ... nenhum ponto amostral estiver for a dos limites
2. ... a maioria dos pontos está perto da média do processo
3. ... aproximadamente um numero identico de pontos acima e abaixo da linha centrala
4. ... pontos parecem aleatóriamente distribuidos

Gráficos de Controle para Atributos

- p-charts
 - Usa a porção defeituosa em uma amostra
- c-charts
 - Usa o numero de defeitos em um item

p-Chart

$$\text{UCL} = p + z\sigma_p$$

$$\text{LCL} = p - z\sigma_p$$

z = numero de desvios padrão da média do processo

p = proporção amostral de itens defeituosos; uma estimativa da média do processo.

σ_p = desvio padrão da proporção amostral

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Exemplo p-Chart

amostra	NUMERO DE DEFEITOS	PROPORÇÃO
1	6	.06
2	0	.00
3	4	.04
:	:	:
:	:	:
20	18	.18
	200	

20 AMOSTRAS DE 100 PARES DE JEANS

p-Chart

$$\bar{p} = \frac{\text{total defeitos}}{\text{total observados na amostra}} = 200 / 20(100) = 0.10$$

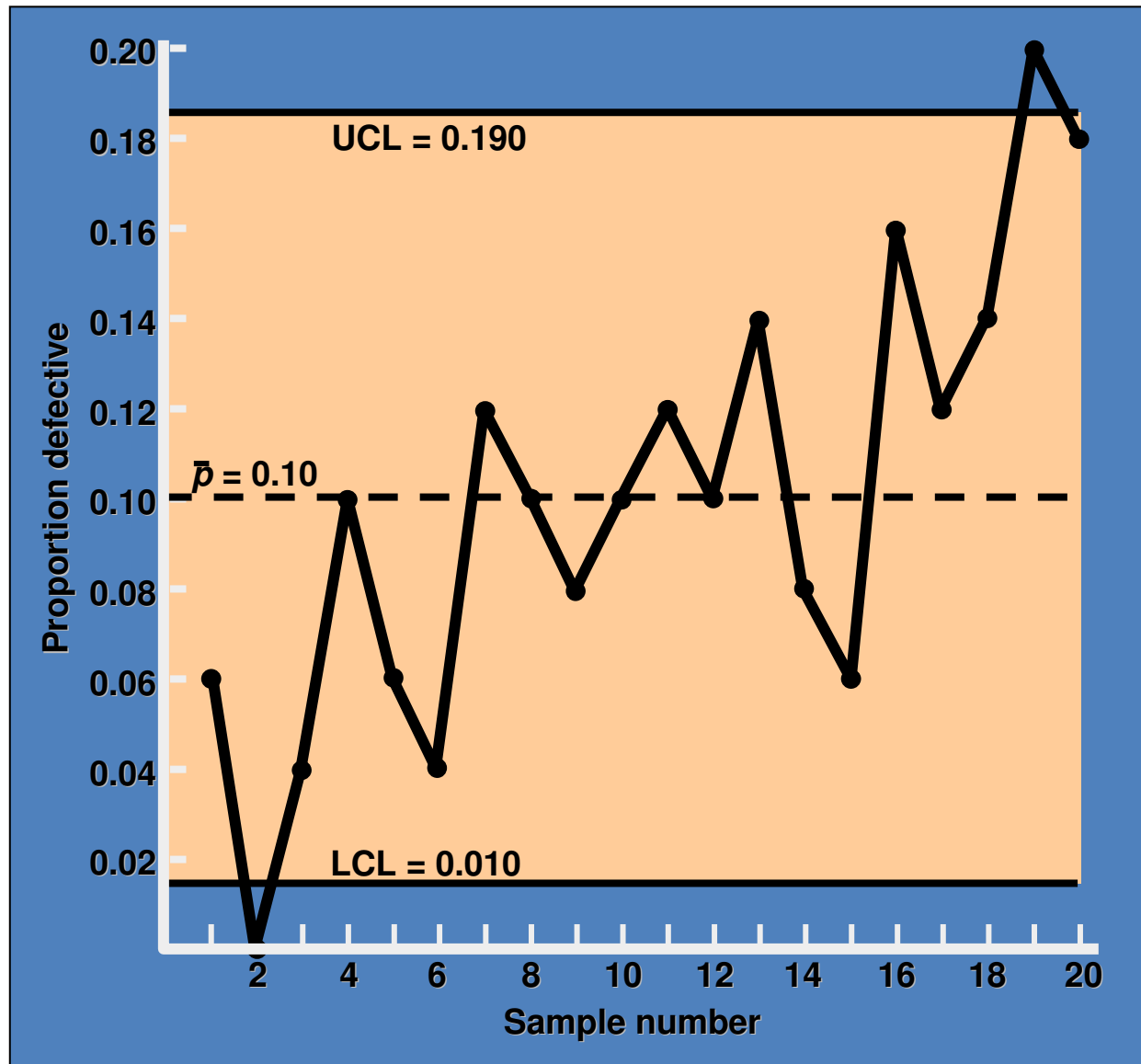
$$\text{UCL} = \bar{p} + z \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} = 0.10 + 3 \sqrt{\frac{0.10(1 - 0.10)}{100}}$$

$$\text{UCL} = 0.190$$

$$\text{LCL} = \bar{p} - z \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} = 0.10 - 3 \sqrt{\frac{0.10(1 - 0.10)}{100}}$$

$$\text{LCL} = 0.010$$

p-Chart



c-Chart

$$\text{UCL} = \bar{c} + z\sigma_c$$

$$\text{LCL} = \bar{c} - z\sigma_c$$

$$\sigma_c = \sqrt{\bar{c}}$$

onde

c = numero de defeitos por amostra

c-Chart

Numero de defeitos em 15 amostras

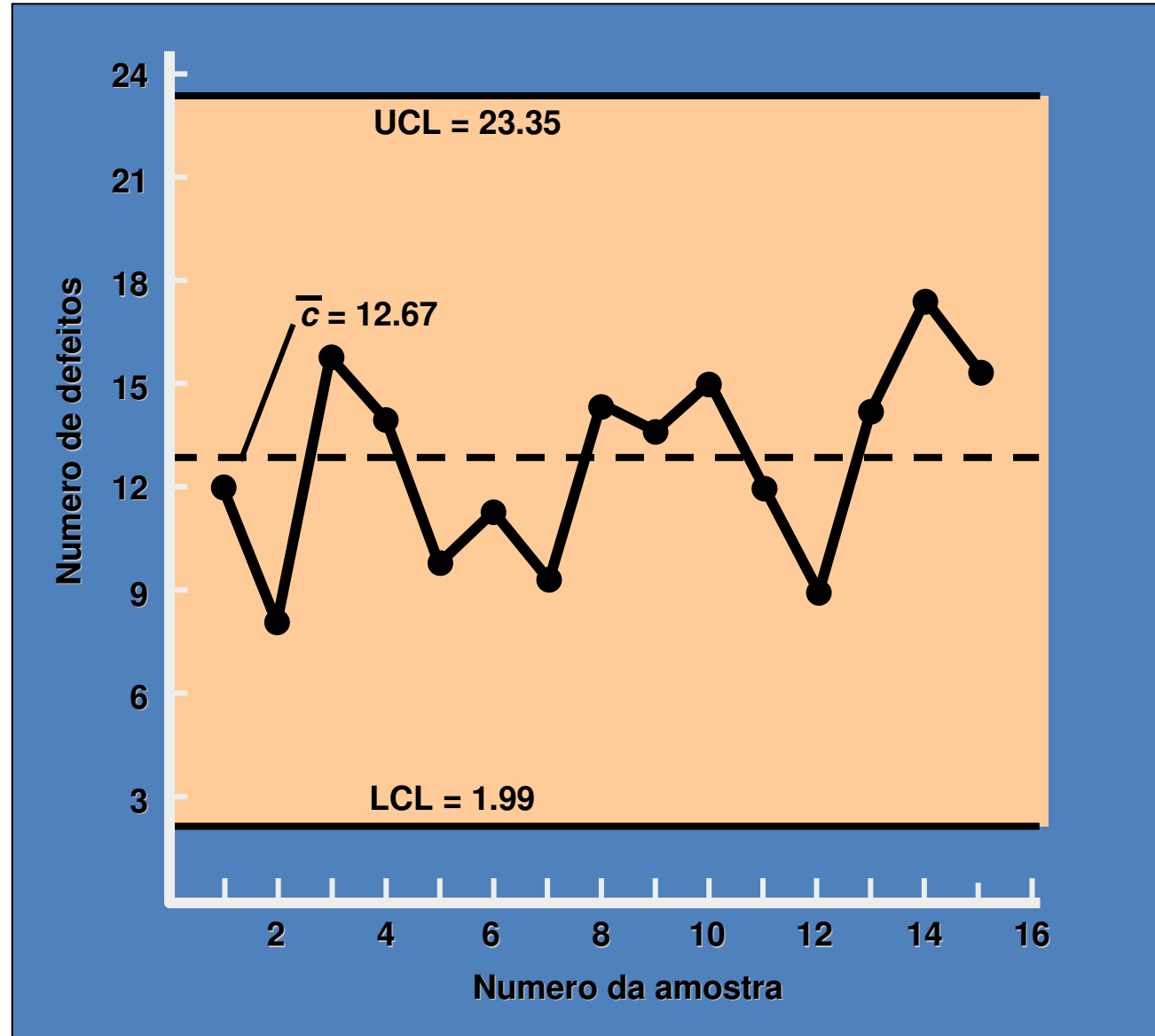
AMOSTRA	NUMERO DE DEFEITOS
1	12
2	8
3	16
⋮	⋮
⋮	⋮
15	15
	<hr/> 190

$$\bar{c} = \frac{190}{15} = 12.67$$

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \bar{c} + z\sigma_c \\ &= 12.67 + 3\sqrt{12.67} \\ &= 23.35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCL} &= \bar{c} - z\sigma_c \\ &= 12.67 - 3\sqrt{12.67} \\ &= 1.99 \end{aligned}$$

C-Chart



Gráficos de Controle

- Gráfico da Média (\bar{x} -Chart)
 - Usa a média de uma amostra
- Gráficos de Intervalo(R-Chart)
 - Usa a dispersão em uma amostra

x-bar Chart

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k}$$

$$\text{UCL} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad \text{LCL} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

onde

$\bar{\bar{x}}$ = média das medias amostrais

x-bar Chart

AMOSTRA k	OBSERVAÇÕES					\bar{x}	R
	1	2	3	4	5		
1	5.02	5.01	4.94	4.99	4.96	4.98	0.08
2	5.01	5.03	5.07	4.95	4.96	5.00	0.12
3	4.99	5.00	4.93	4.92	4.99	4.97	0.08
4	5.03	4.91	5.01	4.98	4.89	4.96	0.14
5	4.95	4.92	5.03	5.05	5.01	4.99	0.13
6	4.97	5.06	5.06	4.96	5.03	5.01	0.10
7	5.05	5.01	5.10	4.96	4.99	5.02	0.14
8	5.09	5.10	5.00	4.99	5.08	5.05	0.11
9	5.14	5.10	4.99	5.08	5.09	5.08	0.15
10	5.01	4.98	5.08	5.07	4.99	5.03	0.10
						<u>50.09</u>	<u>1.15</u>

Example 15.4

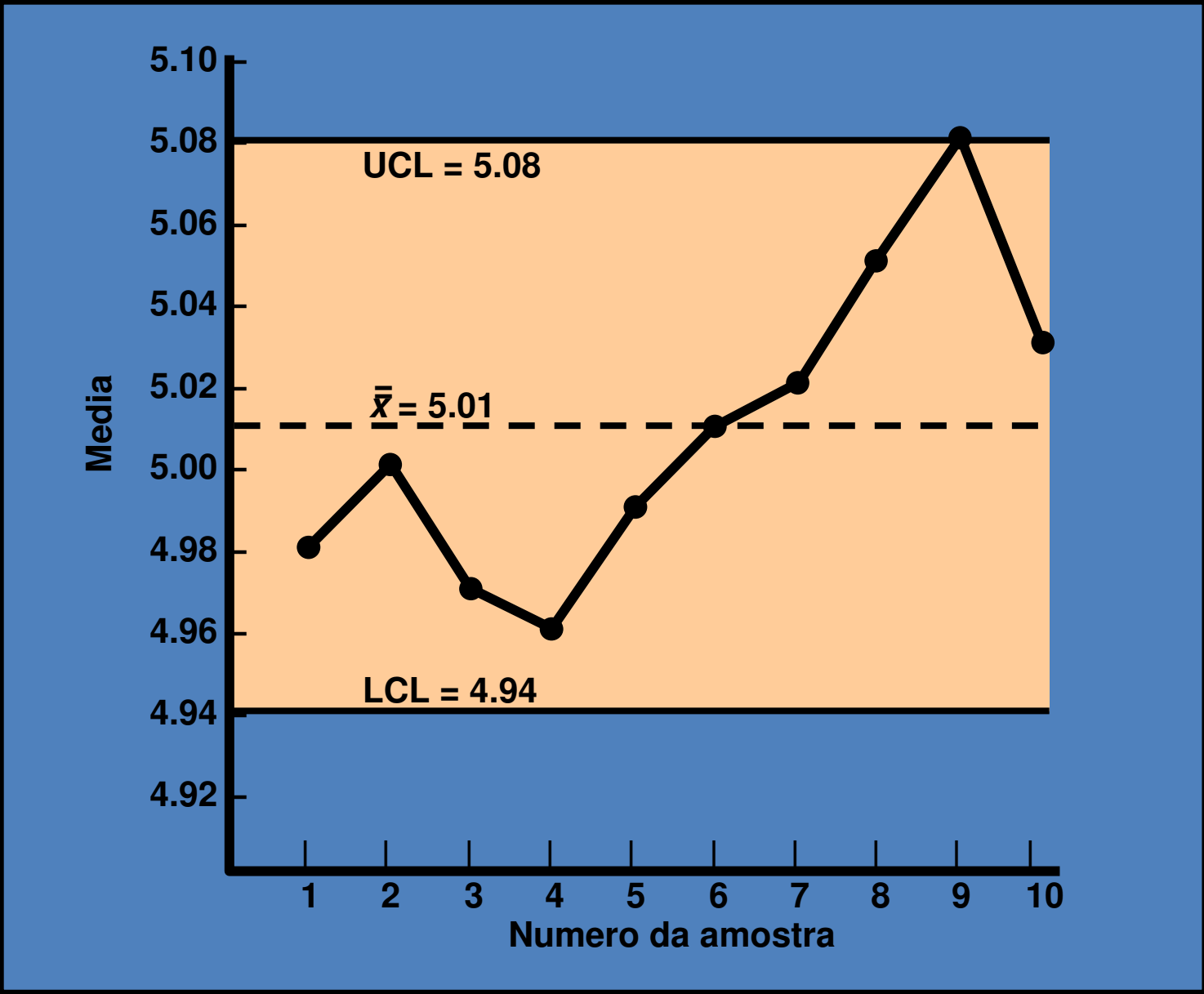
x- bar Chart

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{k} = \frac{50.09}{10} = 5.01 \text{ cm}$$

$$=$$
$$\text{UCL} = \bar{\bar{x}} + A_2 R = \underline{5.01} + (0.58)(0.115) = 5.08$$

$$=$$
$$\text{LCL} = \bar{\bar{x}} - A_2 R = \underline{5.01} - (0.58)(0.115) = 4.94$$

x- bar
Chart



R- Chart

$$\text{UCL} = D_4 \bar{R} \quad \text{LCL} = D_3 \bar{R}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k}$$

onde

\bar{R} = intervalo de cada amostra
 k = numero de amostras

R-Chart

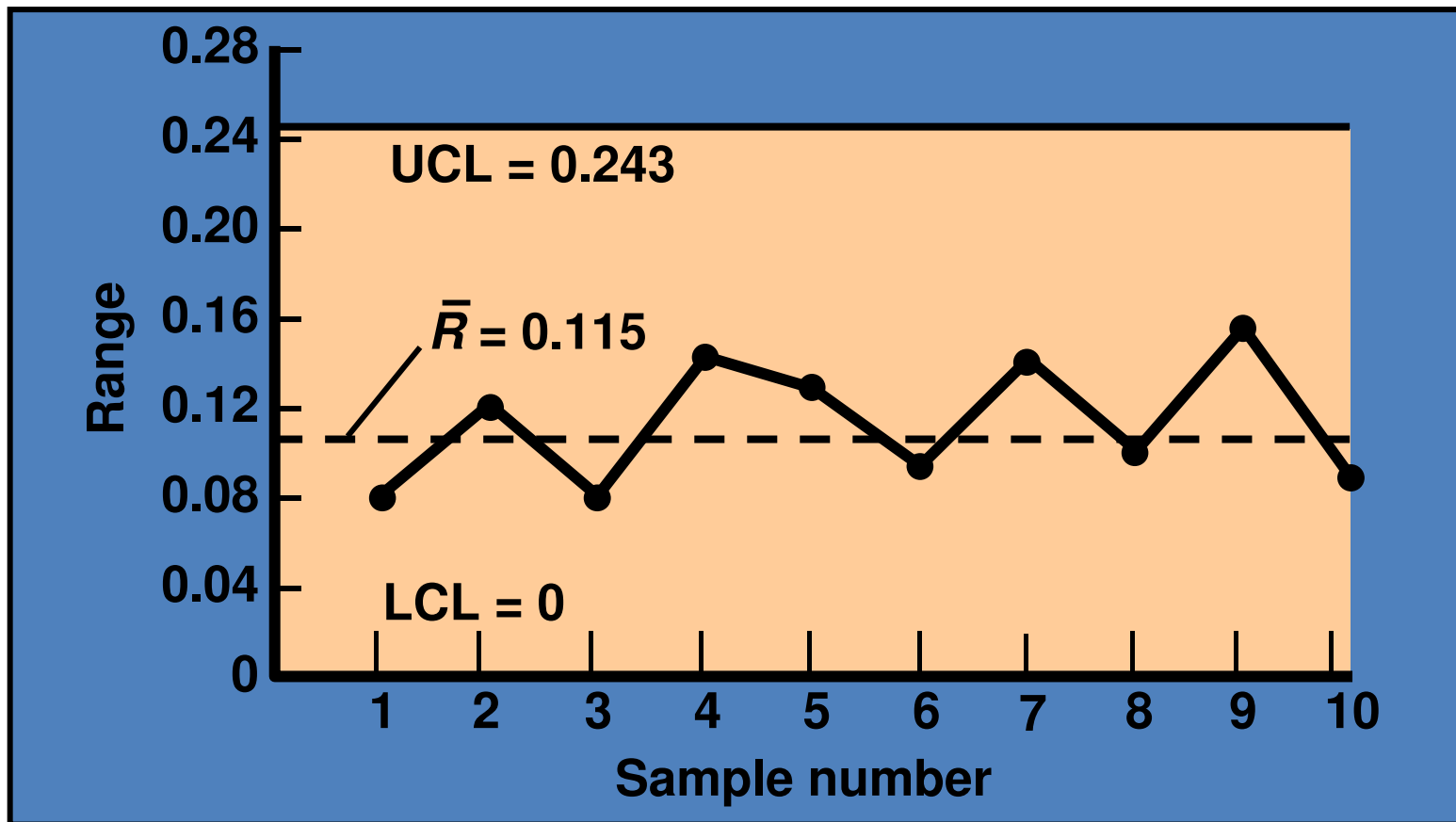
AMOSTRA k	OBSERVAÇÕES					\bar{x}	R
	1	2	3	4	5		
1	5.02	5.01	4.94	4.99	4.96	4.98	0.08
2	5.01	5.03	5.07	4.95	4.96	5.00	0.12
3	4.99	5.00	4.93	4.92	4.99	4.97	0.08
4	5.03	4.91	5.01	4.98	4.89	4.96	0.14
5	4.95	4.92	5.03	5.05	5.01	4.99	0.13
6	4.97	5.06	5.06	4.96	5.03	5.01	0.10
7	5.05	5.01	5.10	4.96	4.99	5.02	0.14
8	5.09	5.10	5.00	4.99	5.08	5.05	0.11
9	5.14	5.10	4.99	5.08	5.09	5.08	0.15
10	5.01	4.98	5.08	5.07	4.99	5.03	0.10
						<u>50.09</u>	<u>1.15</u>

R-Chart

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{1.15}{10} = 0.115$$
$$UCL = D_4 \bar{R} = 2.11(0.115) = 0.243$$
$$LCL = D_3 \bar{R} = 0(0.115) = 0$$

Obtenha valores para D_3 e D_4

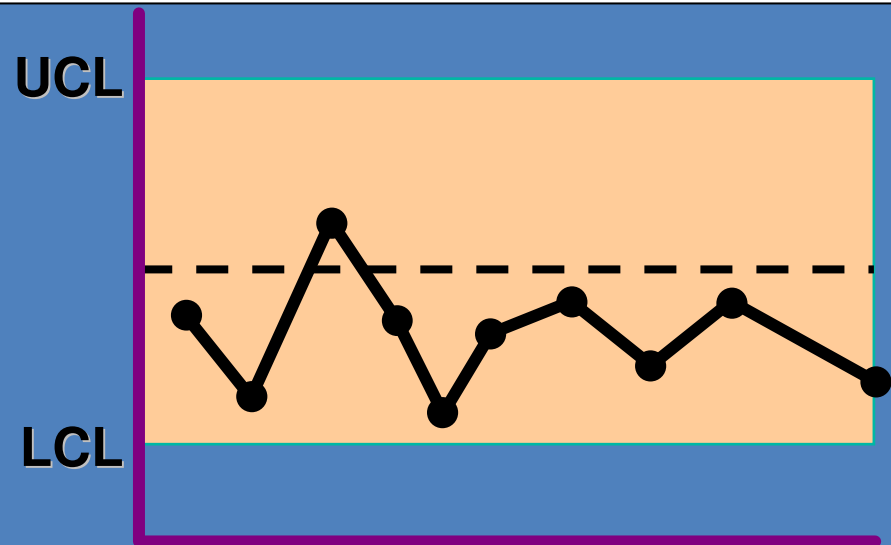
R-Chart



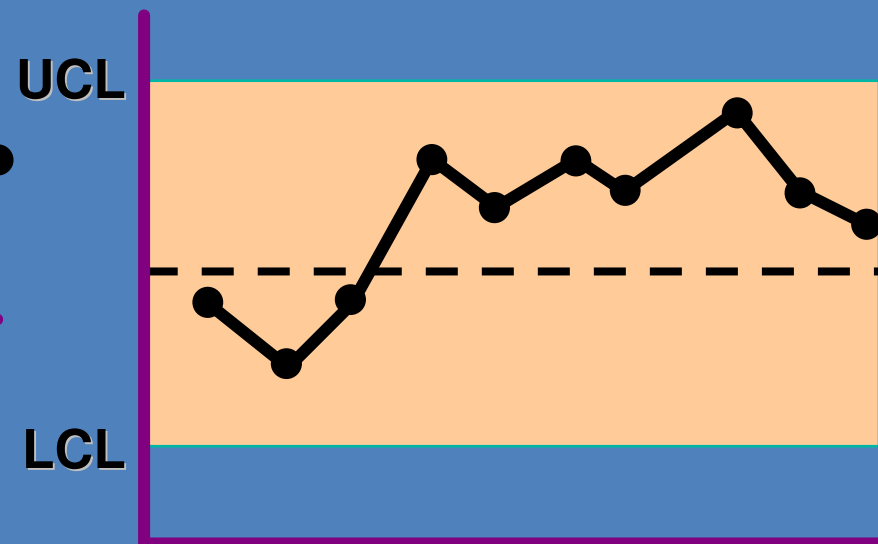
Usando juntos x-bar e R-chart

- A média do processo e a variabilidade do processo devem estar sob controle.
- É possível que as amostras tenham faixas bem estreitas, mas suas medias estão fora dos limites de controle.
- É possível ter medias amostrais dentro dos limites de controle, mas as larguras das faixas devem ser grandes.

Gráficos de Controle

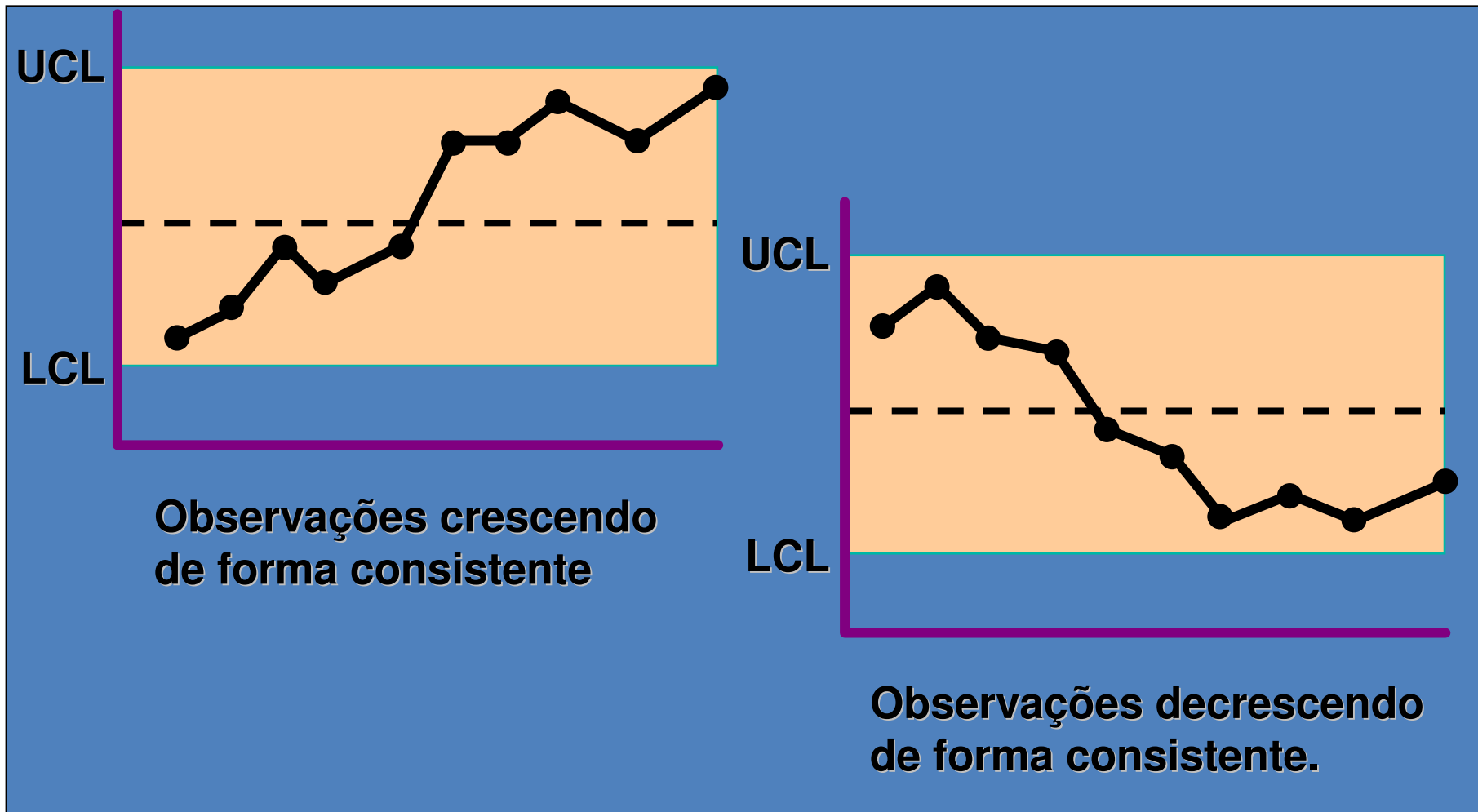


Observações da amostra estão de forma consistente abaixo da linha central.

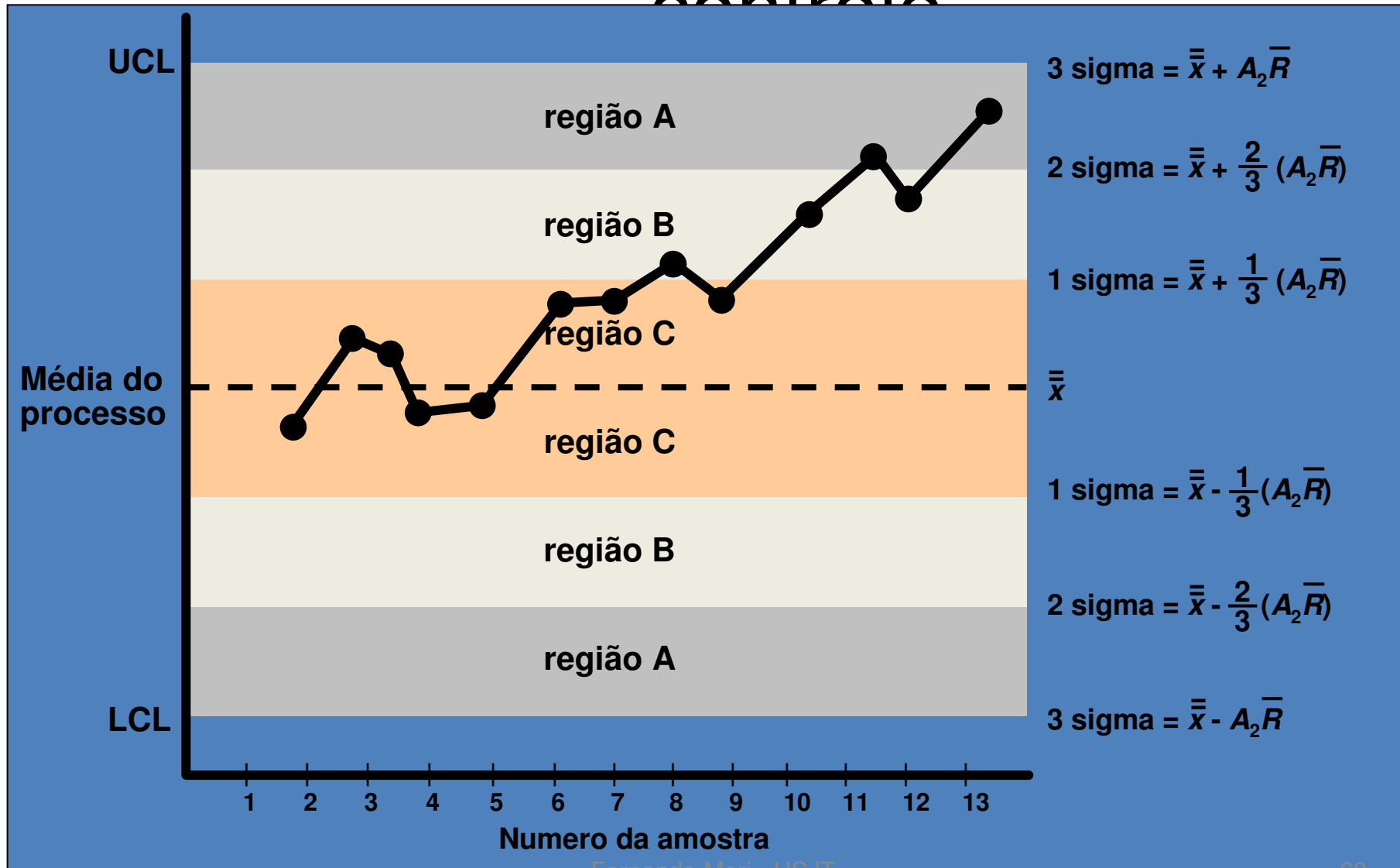


Observações estão consistentemente acima da linha central.

Gráficos de Controle



Testes para os limites de controle



Processos fora de controle

- 8 pontos consecutivos em um dos lados da linha central.
- 8 pontos consecutivos acima ou abaixo de uma das regiões.
- 14 pontos alternados acima e abaixo.
- 3 pontos consecutivos na região A mas que ainda estão na região de controle.
- 5 pontos consecutivos na região A ou B.

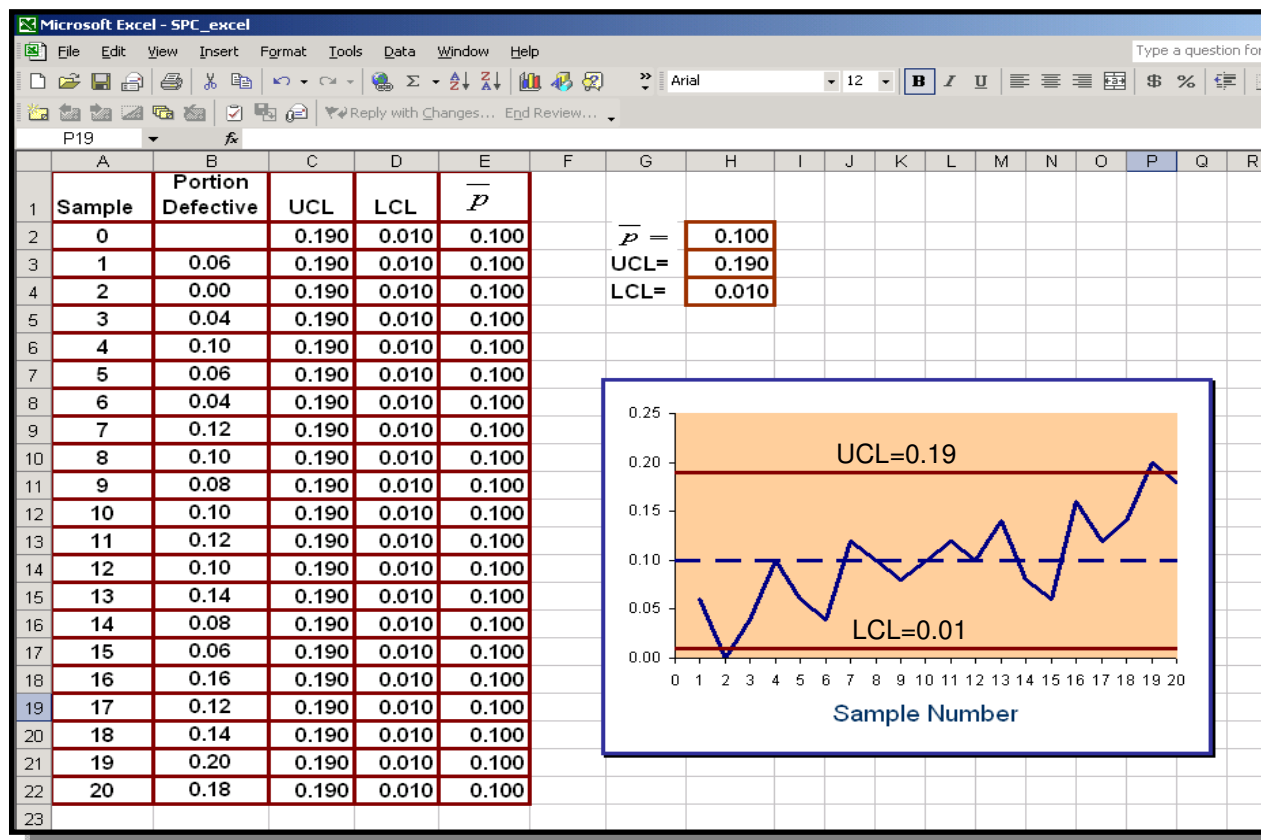
Realizando um teste

SAMPLE	\bar{x}	ABOVE/BELOW	UP/DOWN	ZONE
1	4.98	B	—	B
2	5.00	B	U	C
3	4.95	B	D	A
4	4.96	B	D	A
5	4.99	B	U	C
6	5.01	—	U	C
7	5.02	A	U	C
8	5.05	A	U	B
9	5.08	A	U	A
10	5.03	A	D	B

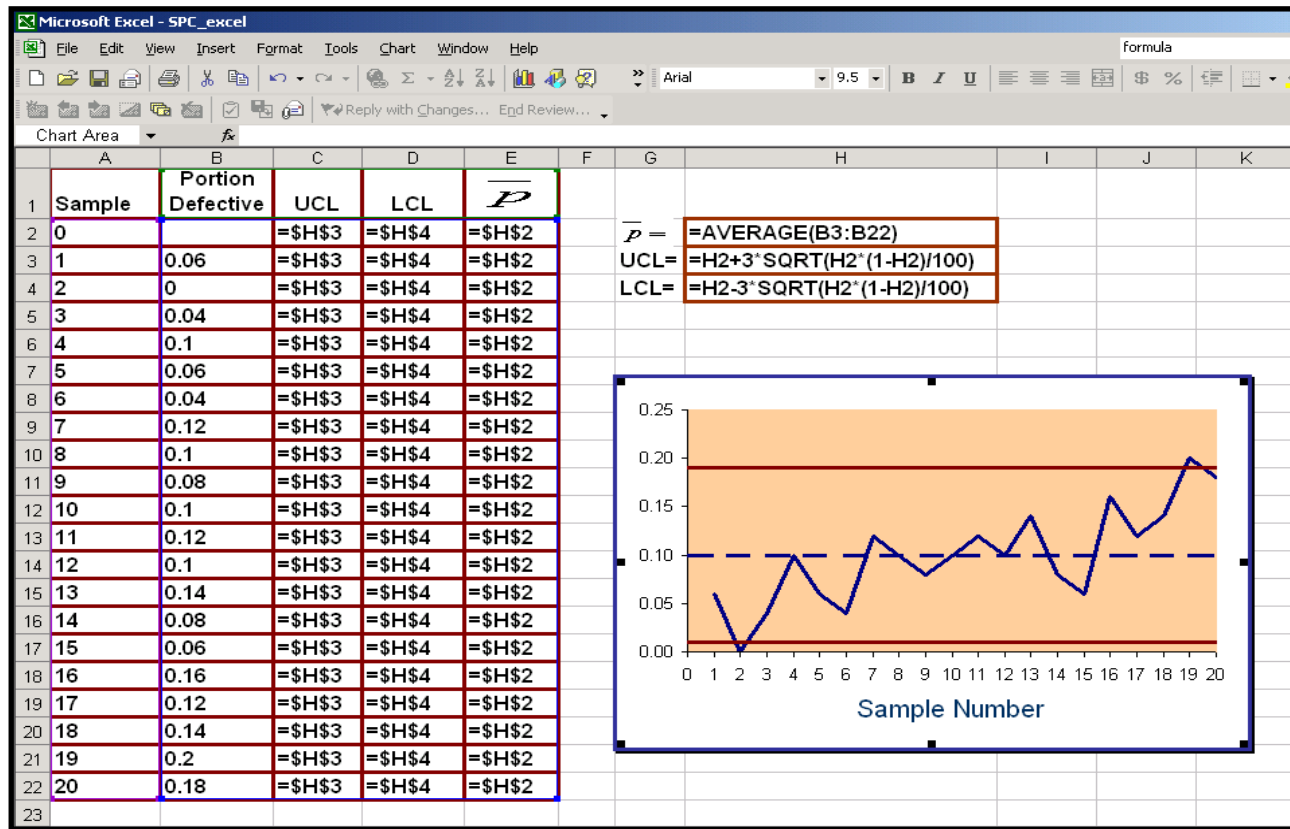
Tamanho da Amostra

- **Gráficos de controle de atributos necessitam de amostras maiores**
 - **50 a 100 elementos em uma amostra**
- **Gráficos de Controle de Variáveis necessitam de amostras menores.**
 - **2 a 10 elementos em uma amostra**

SPC com Excel



SPC com Excel: Formulas

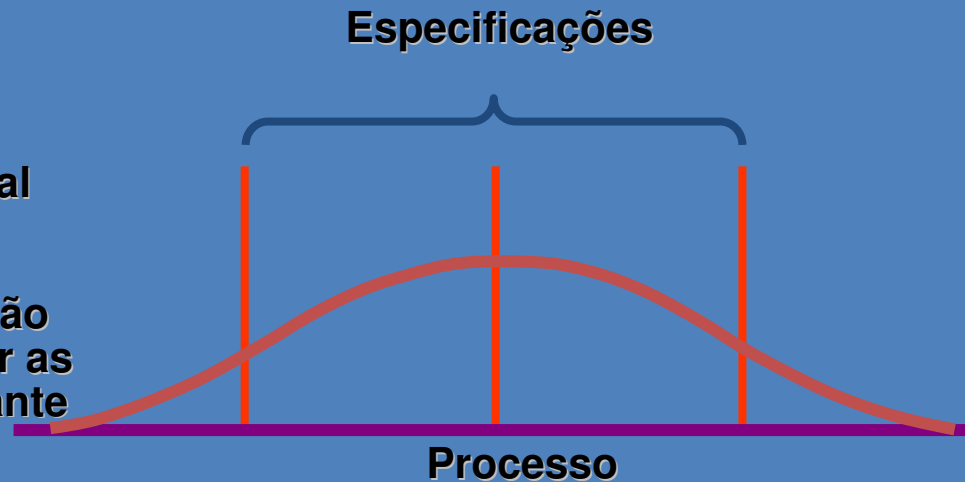


Capacidade do Processo

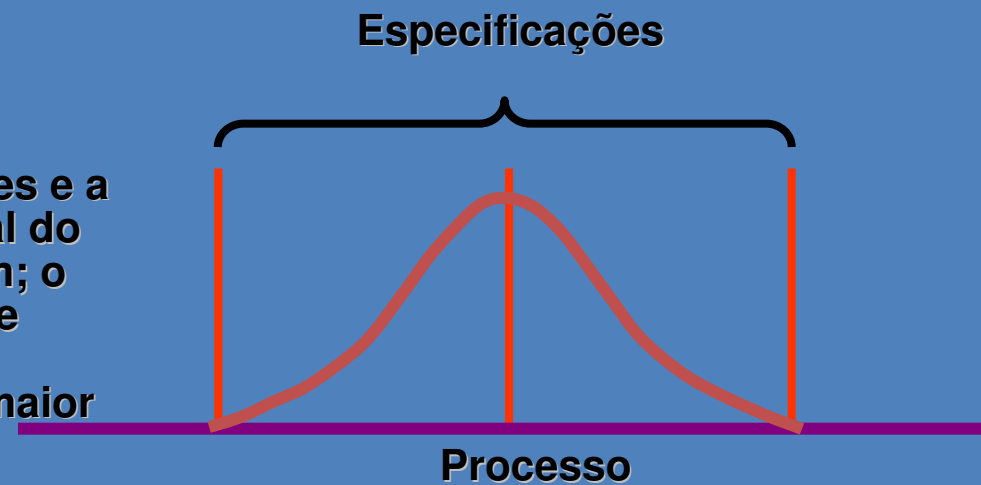
- Tolerancias
 - Especificações de design que refletem requisitos do produto
- Capacidade do Processo
 - Intervalo de variabilidade natural de um processo que foi medido com gráficos de controle.

Capacidade do Processo

(a) A variação natural excede as especificações de design ; processo não é capaz de obedecer as especificações durante todo o tempo.



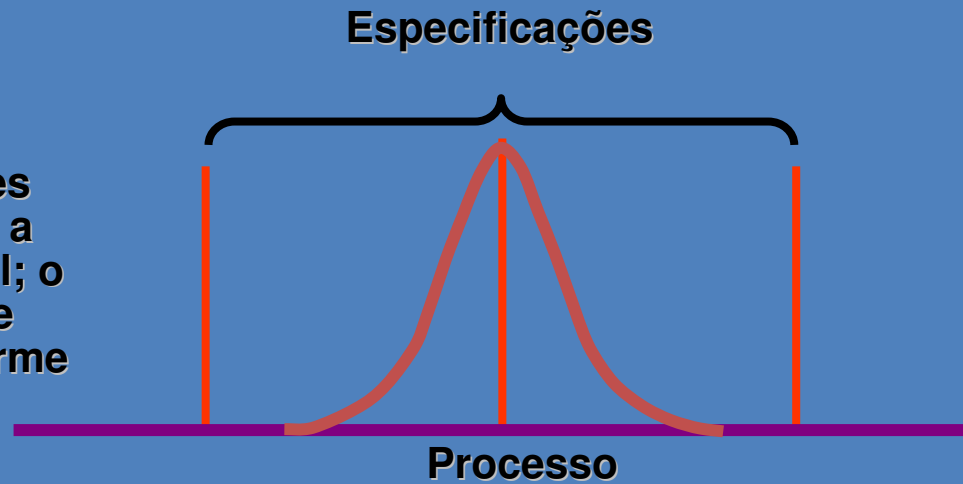
(b) As especificações e a variabilidade natural do processo coincidem; o processo é capaz de obedecer as especificações na maior parte do tempo.



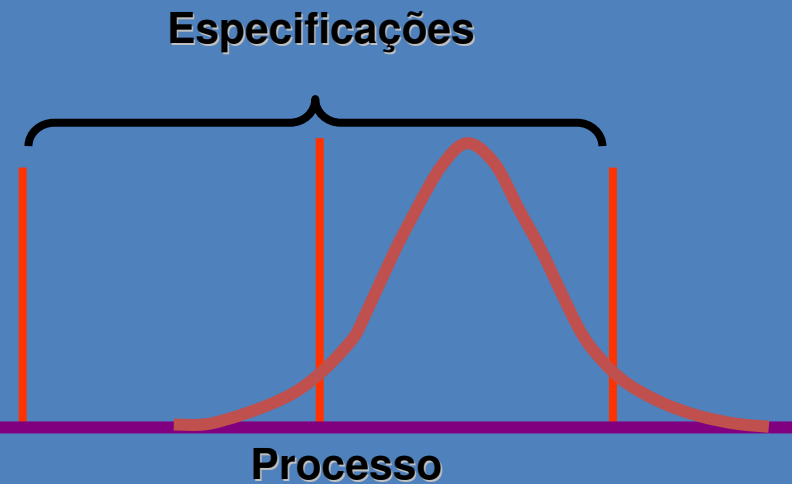
Capacidade do Processo

(cont)

(c) As especificações são maiores do que a variabilidade natural; o processo é capaz de sempre estar conforme as especificações.



(d) As especificações são maiores do que a variação natural, mas o processo está fora da média; o processo é capaz mas algumas especificações podem não ser obedecidas.



Medida da Capacidade do Processo

Razão da Capacidade

$$C_p = \frac{\text{intervalo de Tolerancias}}{\text{intervalo do Processo}}$$
$$= \frac{\text{limite superior de especific.} - \text{limite inferior de especific.}}{6\sigma}$$

Exemplo de Cálculo C_p

Especificação de peso líquido = 9.0 oz \pm 0.5 oz

Média do processo = 8.80 oz

Desvio padrão do processo = 0.12 oz

$$C_p = \frac{\text{limite superior} - \text{limite inferior}}{6\sigma}$$
$$= \frac{9.5 - 8.5}{6(0.12)} = 1.39$$

Medida da Capacidade do Processo

Indíce da Capacidade do Processo

$$C_{pk} = \min \left[\frac{\bar{x} - \text{limite inferior}}{3\sigma}, \frac{\text{limite superior} - x}{3\sigma} \right]$$

Calculando C_{pk}

Peso Líquido = 9.0 oz \pm 0.5 oz

Média do Processo = 8.80 oz

Desvio padrão do Processo = 0.12 oz

$$C_{pk} = \text{mínimo} \left[\frac{\bar{x} - \text{limite inferior}}{3\sigma}, \frac{\text{limite superior} - \bar{x}}{3\sigma} \right]$$
$$= \text{mínimo} \left[\frac{8.80 - 8.50}{3(0.12)}, \frac{9.50 - 8.80}{3(0.12)} \right] = 0.83$$

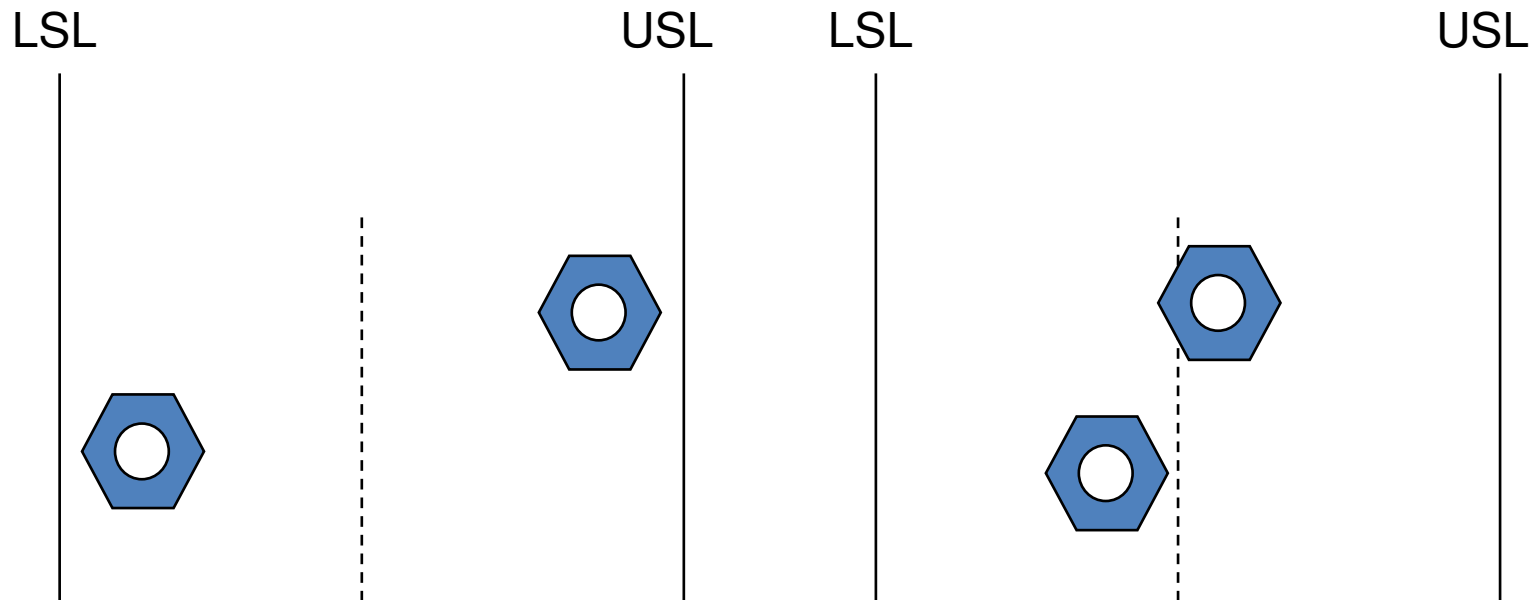
Apendice:

Determinação dos limites de controle para \bar{x} -bar e R -Charts

Tamanho da amostra n	FATOR PARA \bar{x} -CHART A_2	FATORES PARA R -CHART D_3 D_4	
2	1.88	0.00	3.27
3	1.02	0.00	2.57
4	0.73	0.00	2.28
5	0.58	0.00	2.11
6	0.48	0.00	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.44	0.18	1.82
10	0.11	0.22	1.78
11	0.99	0.26	1.74
12	0.77	0.28	1.72
13	0.55	0.31	1.69
14	0.44	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.11	0.36	1.64
17	0.00	0.38	1.62
18	0.99	0.39	1.61
19	0.99	0.40	1.61
20	0.88	0.41	1.59

Variabilidade e Qualidade de Processos

O que é Variação?



Ambos os processos estão dentro das especificações. Qual o melhor?

Examinando a Variação

Definição

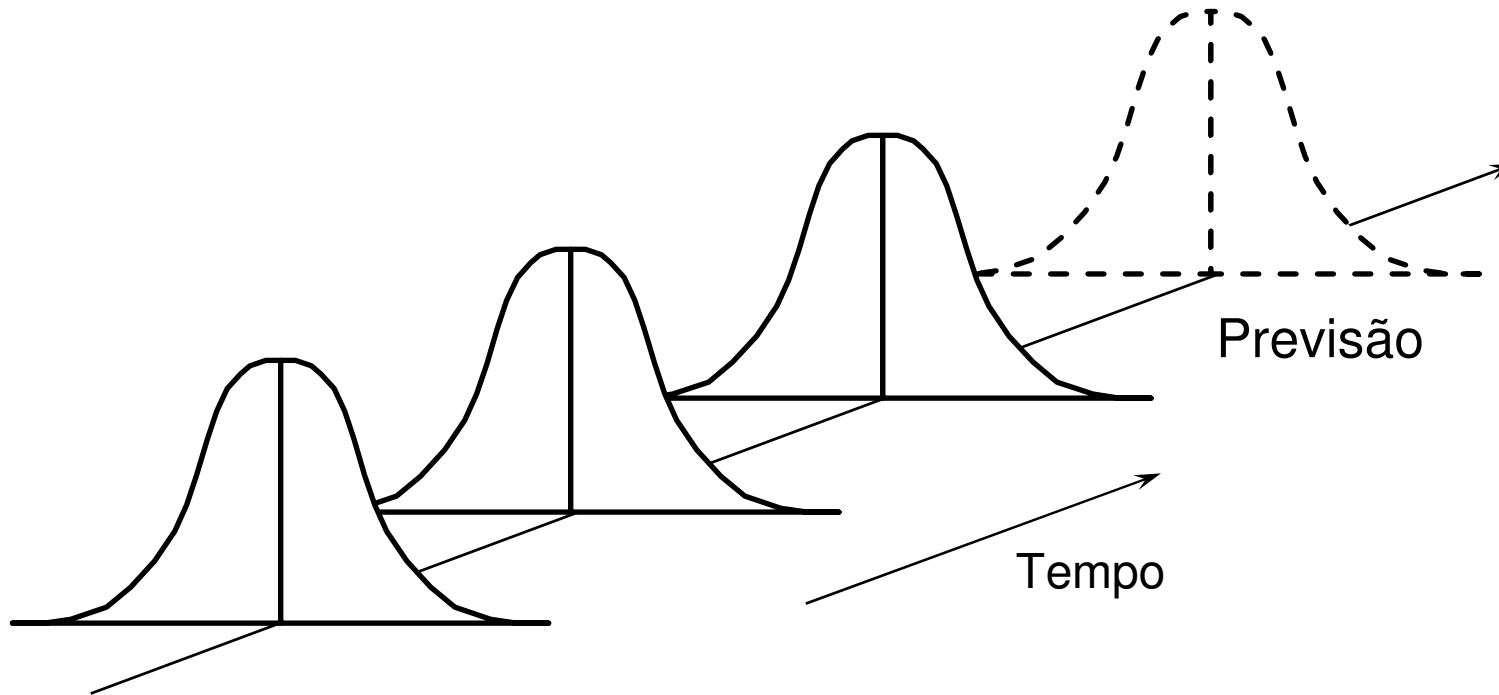
Um processo estável tem a distribuição normal durante todo o tempo.

Um processo estável é dito sob Controle

Um processo estável ainda tem variação

Examinando Variação

Processo Estável



Distribuição normal durante todo o tempo

Examinando Variação

Causas Comuns

A causa da variação em um processo estável é chamada de Causa Comum.

Uma causa comum é um causa natural de variação no sistema.

Examinando Variação

Causas Comuns

- 3 Erros na digitação
- 3 Variação humana nos processos de revisão
- 3 Pequenas variações nas codificações dos módulos

Examinando variação

Ferramentas para examinar a estabilidade

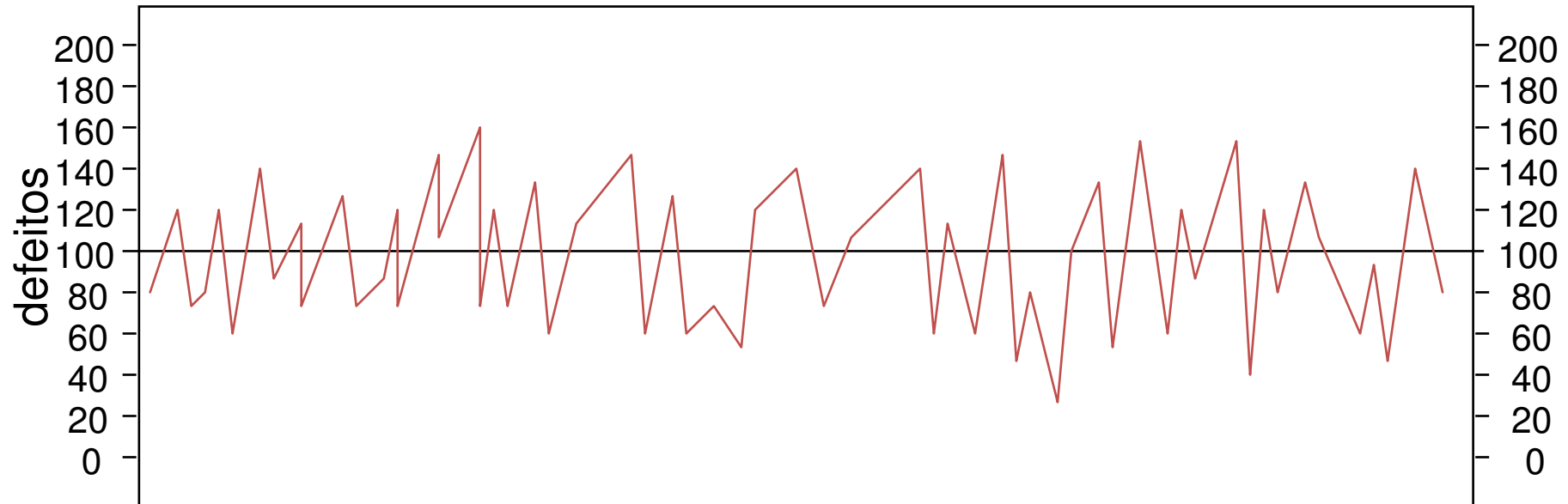
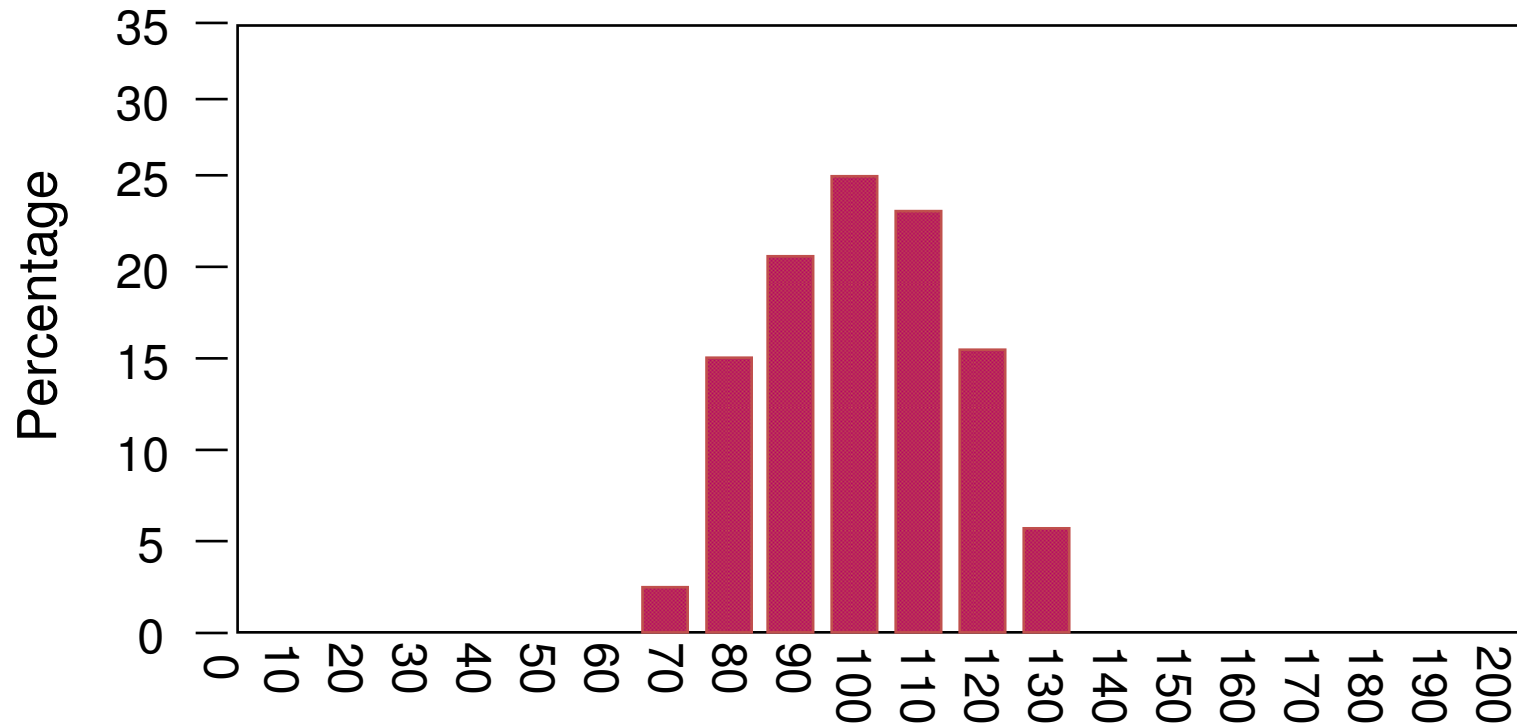


Gráfico de Tendência: Um gráfico que mostra o comportamento do processo no tempo.

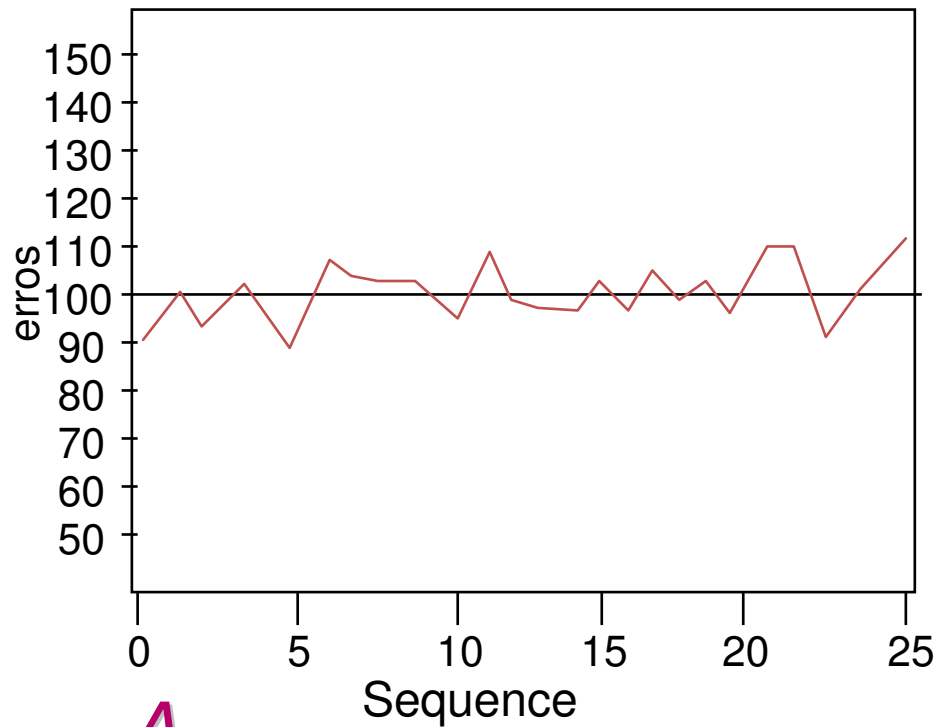
Examinando Variação



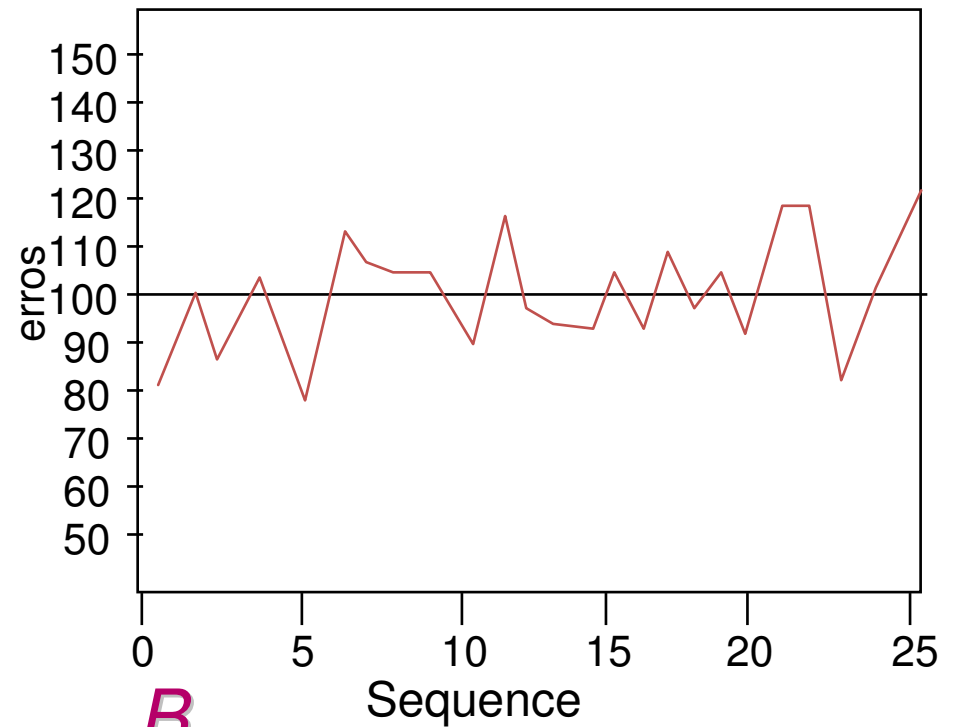
Histograma. Um gráfico de barras mostrando a distribuição do processo.

Examinando Variação

Comparando processos estáveis



A

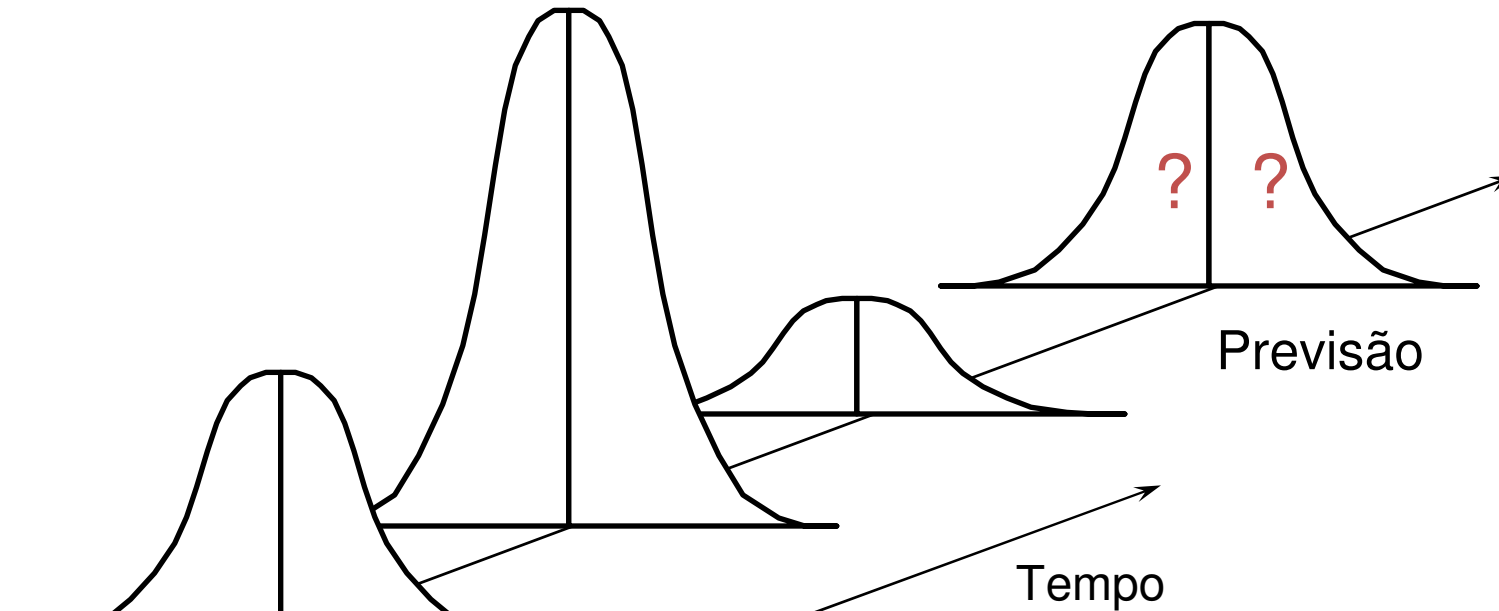


B

Qual processo tem melhor qualidade?

Examinando Variação

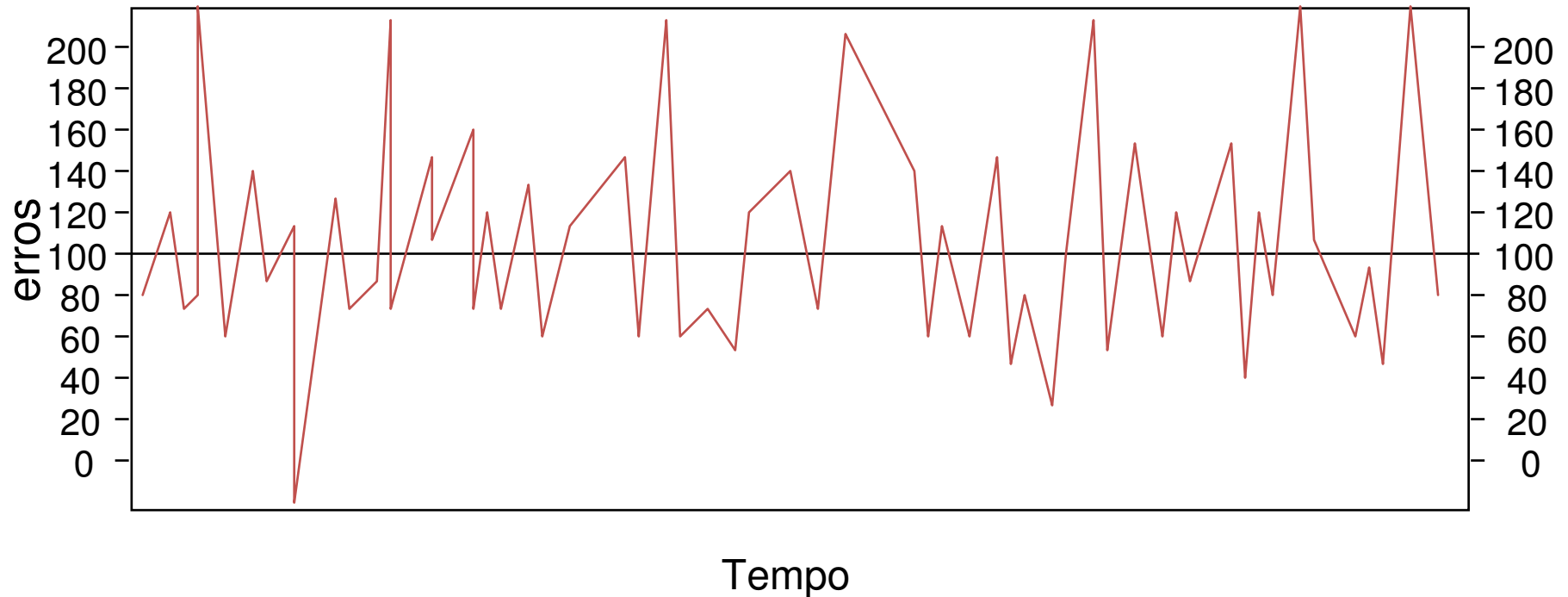
Processo Instável



Qualquer processo que não seja estável é chamado de processo instável ou fora de controle.

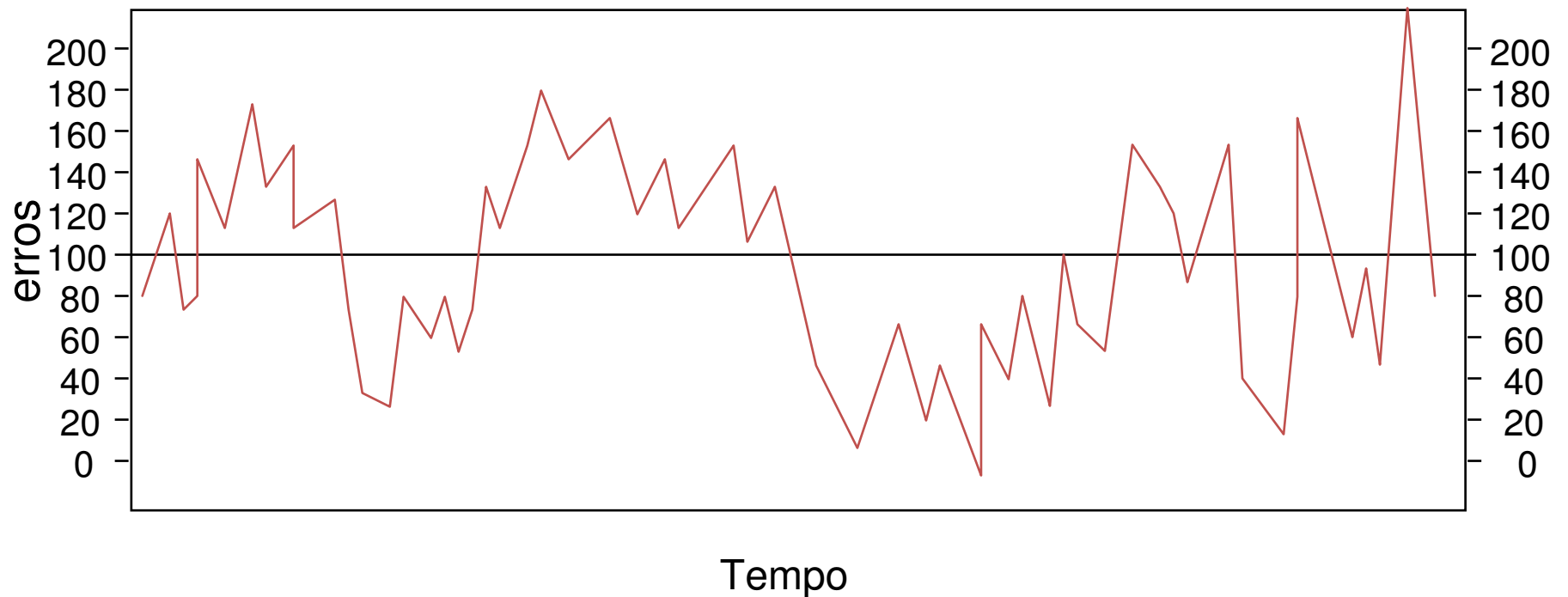
Examinando Variação

Tipos de Instabilidade: Excursões



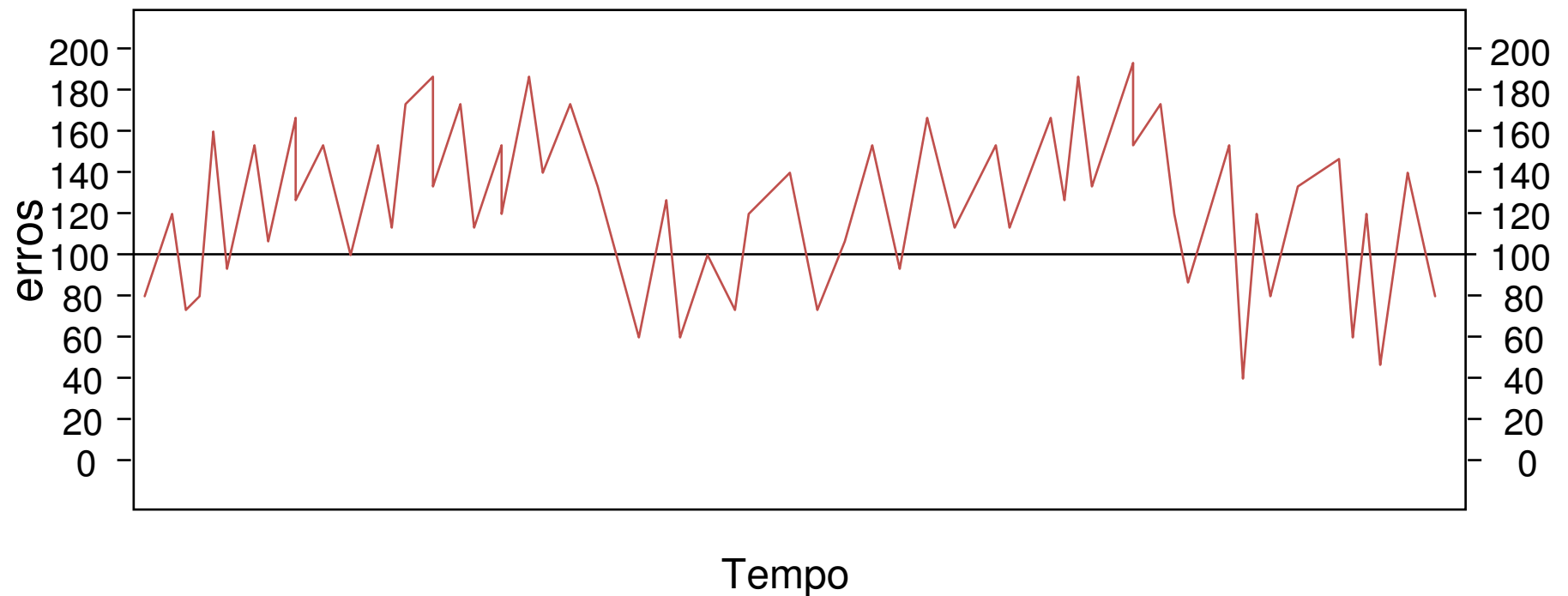
Examinando Variação

Tipos de Instabilidade: Saltos



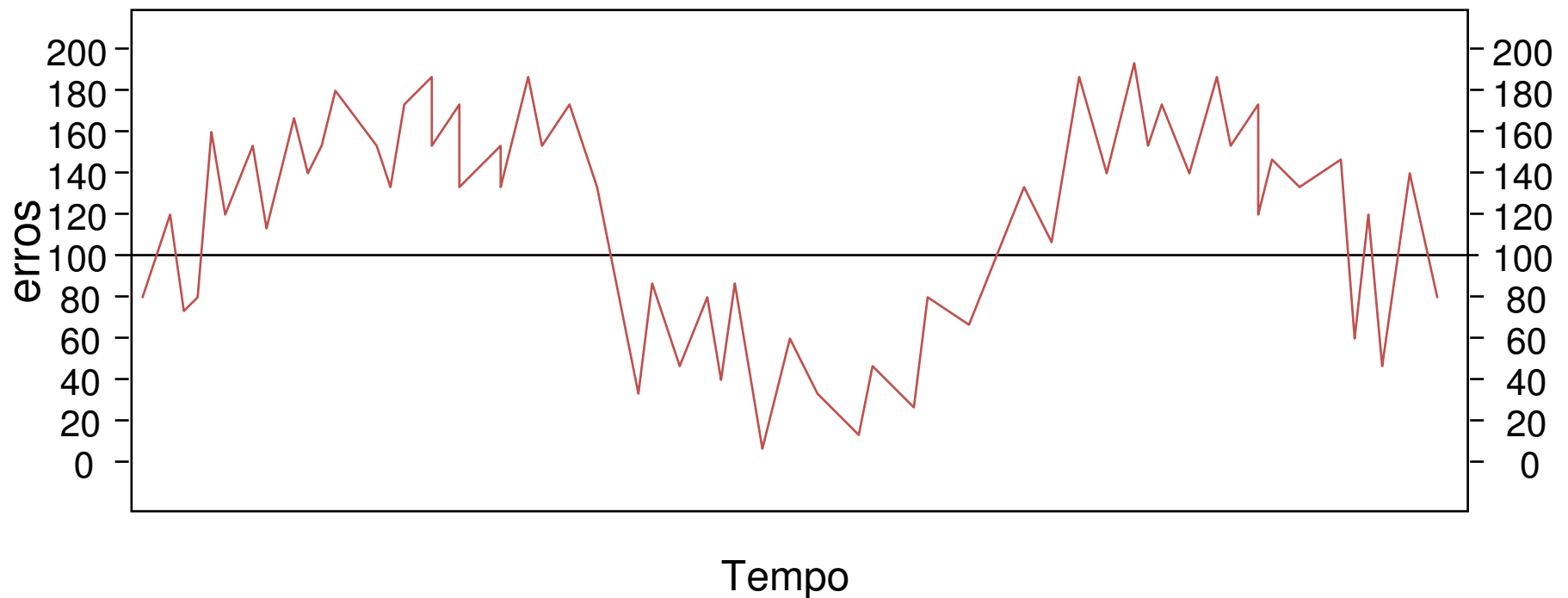
Examinando Variação

Tipos de Instabilidade:



Examinando Variação

Tipos de Instabilidade: Ciclos



Examinando Variação

Causas especiais

Qualquer coisa que cause variação e que não é parte do processo estável é chamado de causa especial, causa identificável ou causa não natural.

Reduzindo a Variação

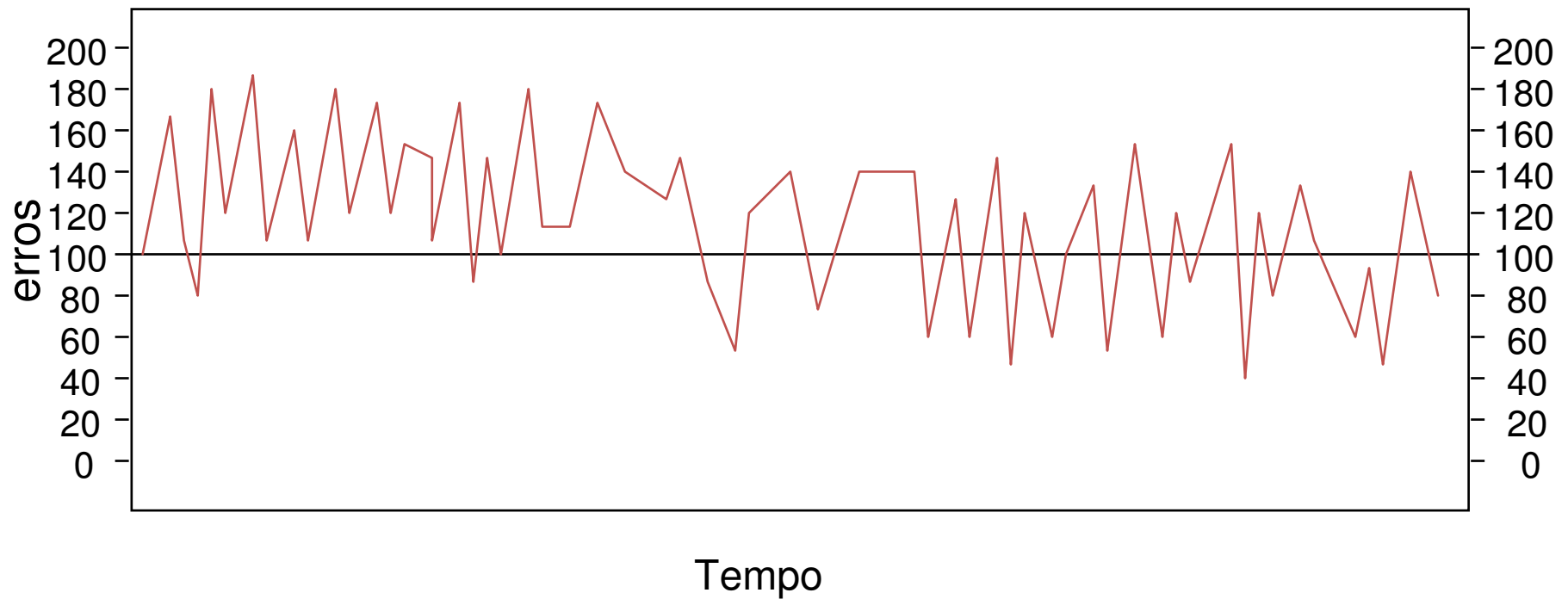
Melhorando um Processo Estável

Dois estratégias para melhorar um processo estável

- 3 Centrando em um objetivo
- 3 Reduzindo a variação devido as causas comuns

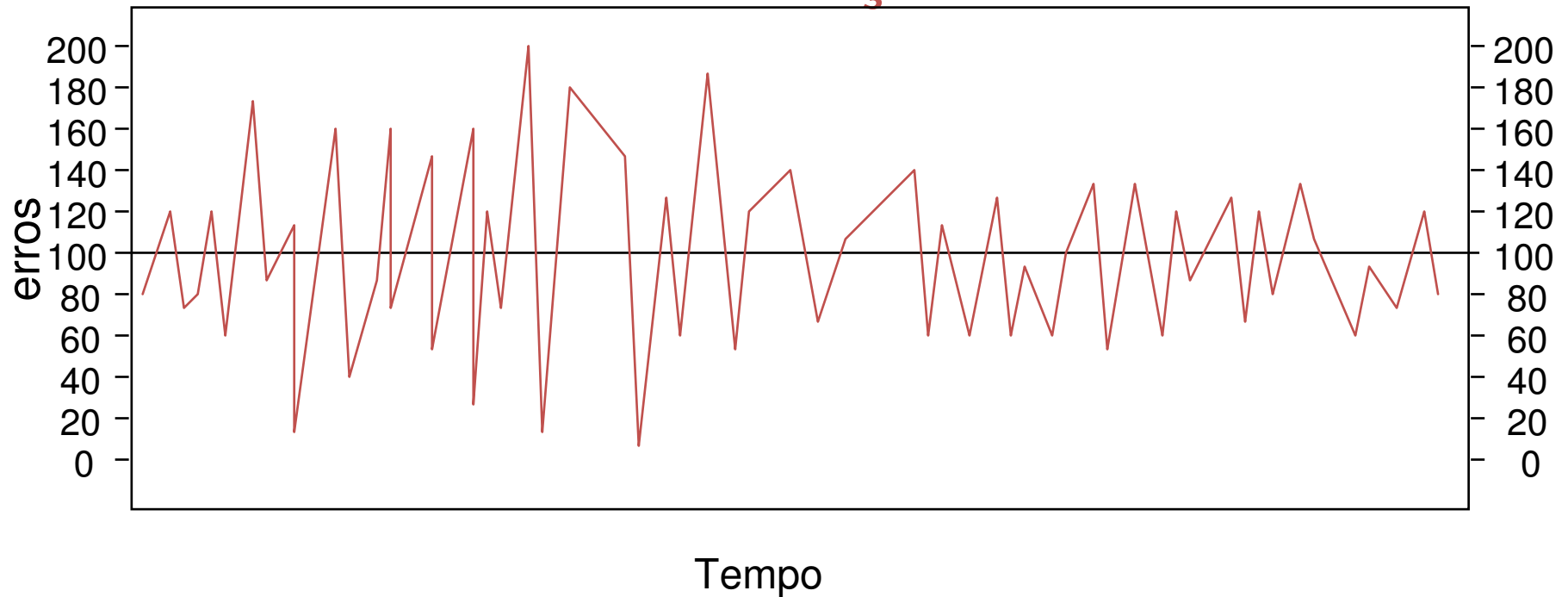
Reduzindo a Variação

Centrando em um objetivo



Reduzindo a Variação

Reduzindo as causas comuns de variação



Reduzindo a Variação

Reduzindo a variação em um Processo Estável

Faça Mudanças Permanentes

Mudanças devem ser baseadas numa abordagem científica

- 3 Resolução estruturada de problemas
- 3 Experimentos planejados

Reduzindo a Variação

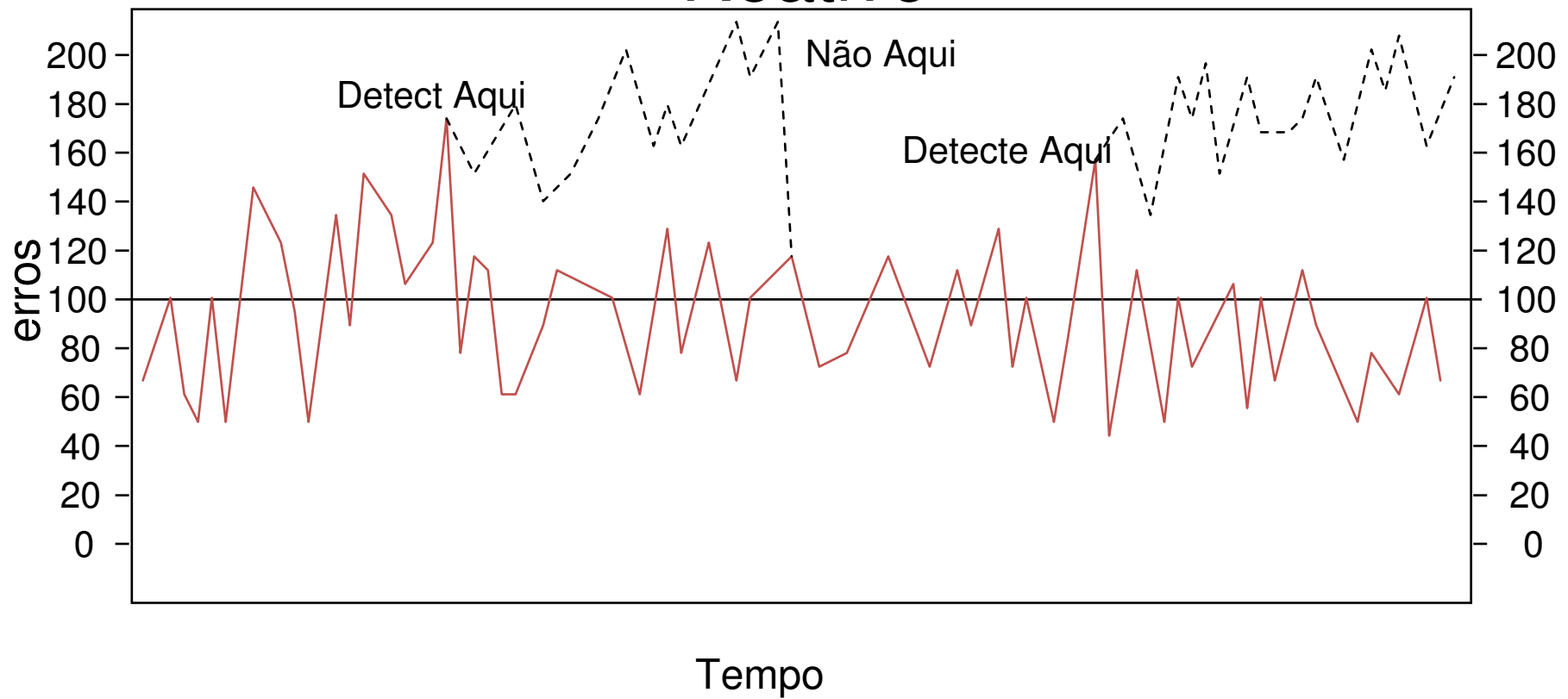
Reduzindo a variação em um processo instável

- 3 Não ignorar as causas especiais.**
- 3 Detectar rapidamente as causas especiais de variação.**
- 3 Parar a produção até que o processo esteja funcionando corretamente.**
- 3 Identificar e eliminar as causas especiais.**

Reduzindo a Variação

Melhorando um processo Instável

Reativo

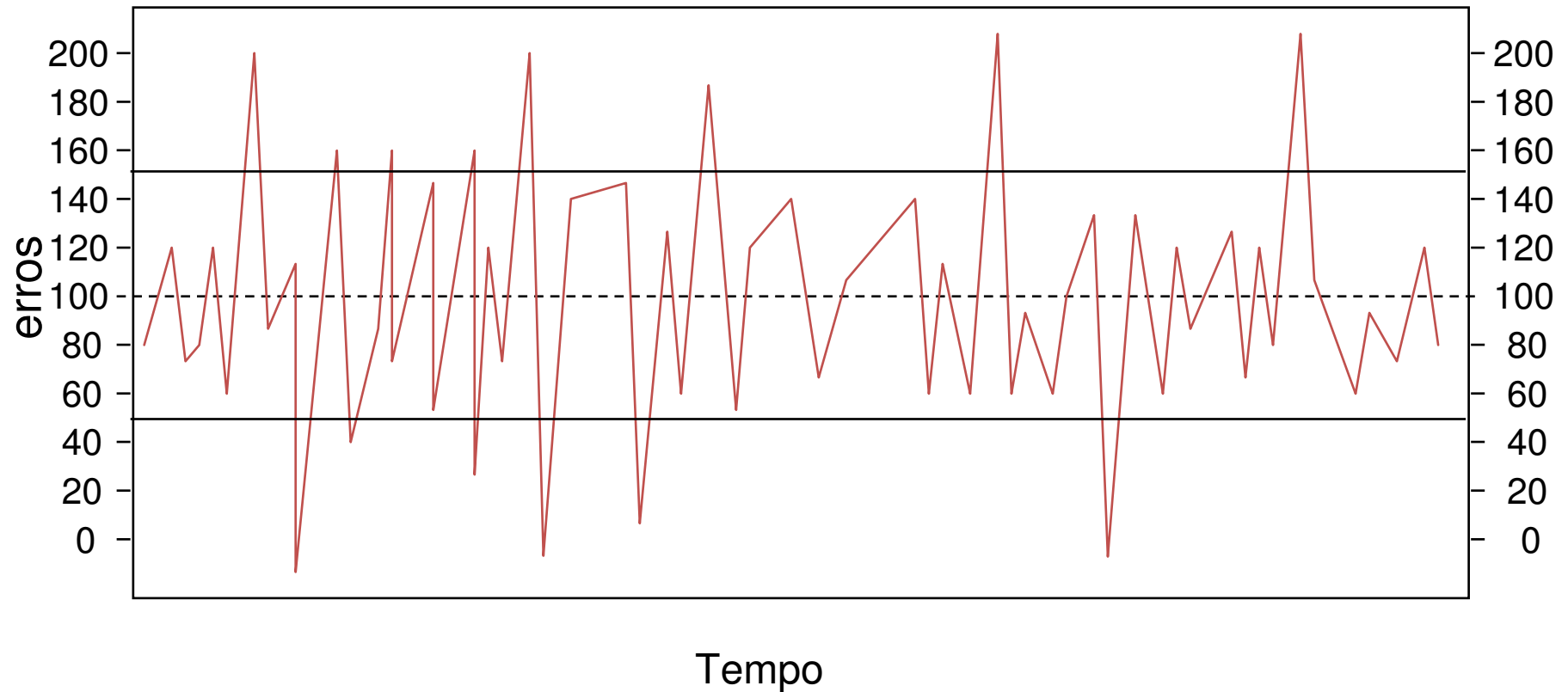


Detectando Variação

Como podemos decidir se a variação é o resultado de uma causa comum ou uma causa especial?

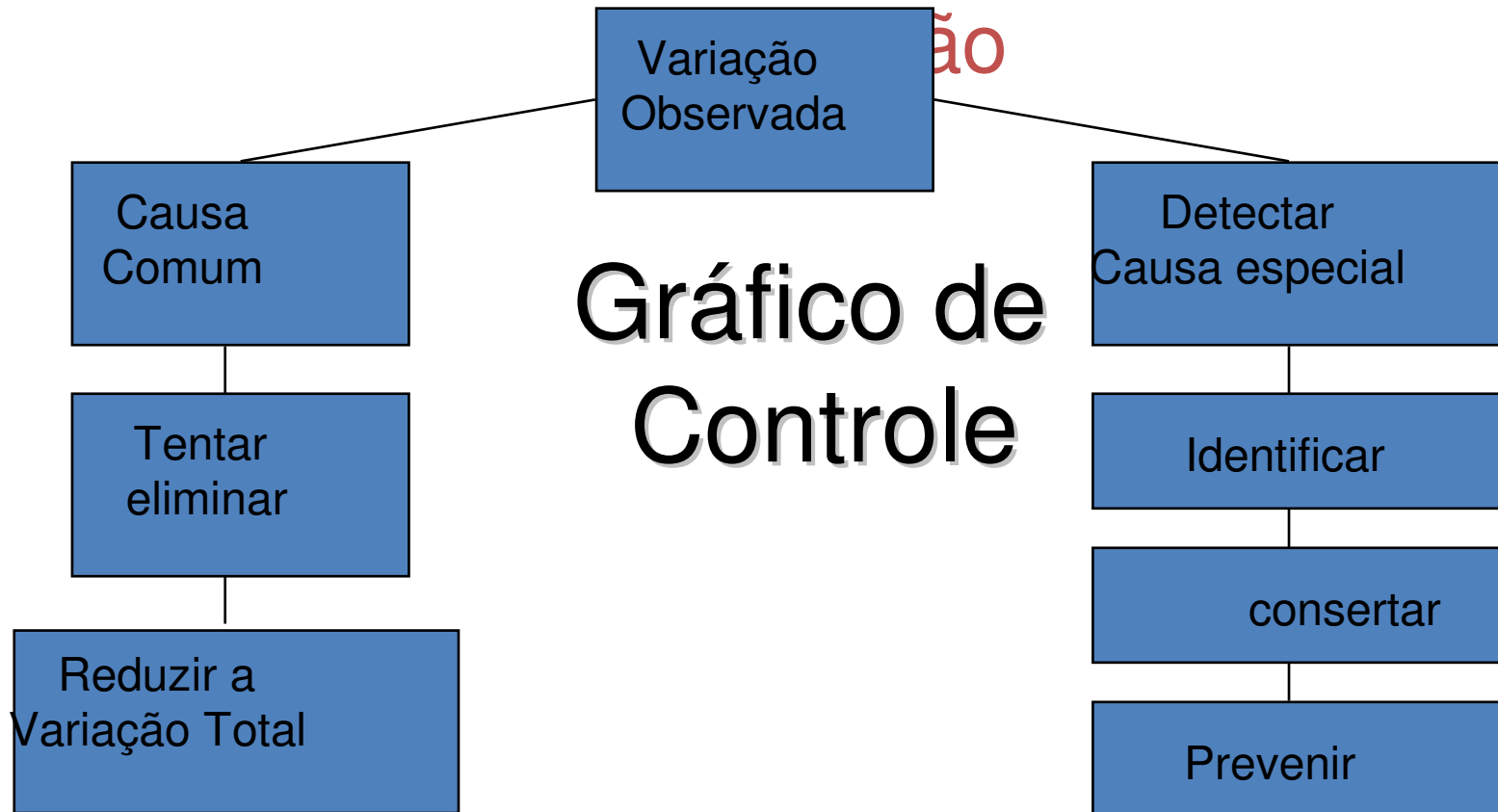
Detectando Variação

Ferramenta: Gráfico de Controle



Detectando Variação

Gráfico de Controle para detectar a

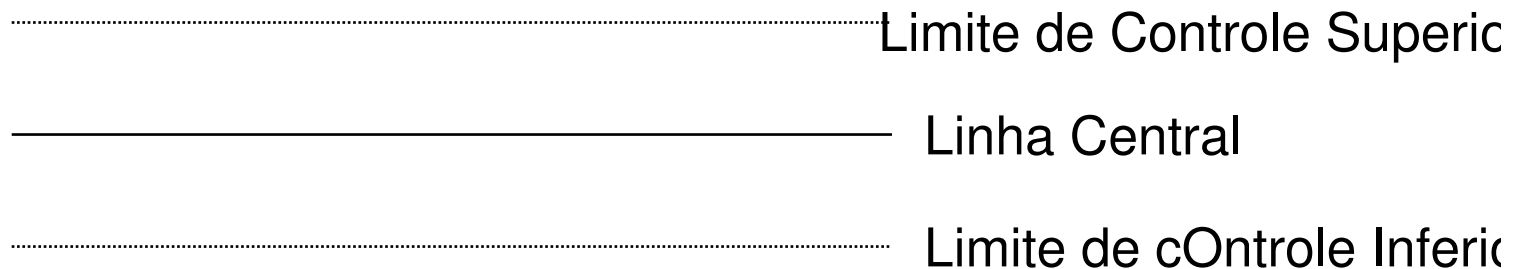


Detectando Variação

Gráfico de Controle para Detectar a variação

Gráfico de Controle

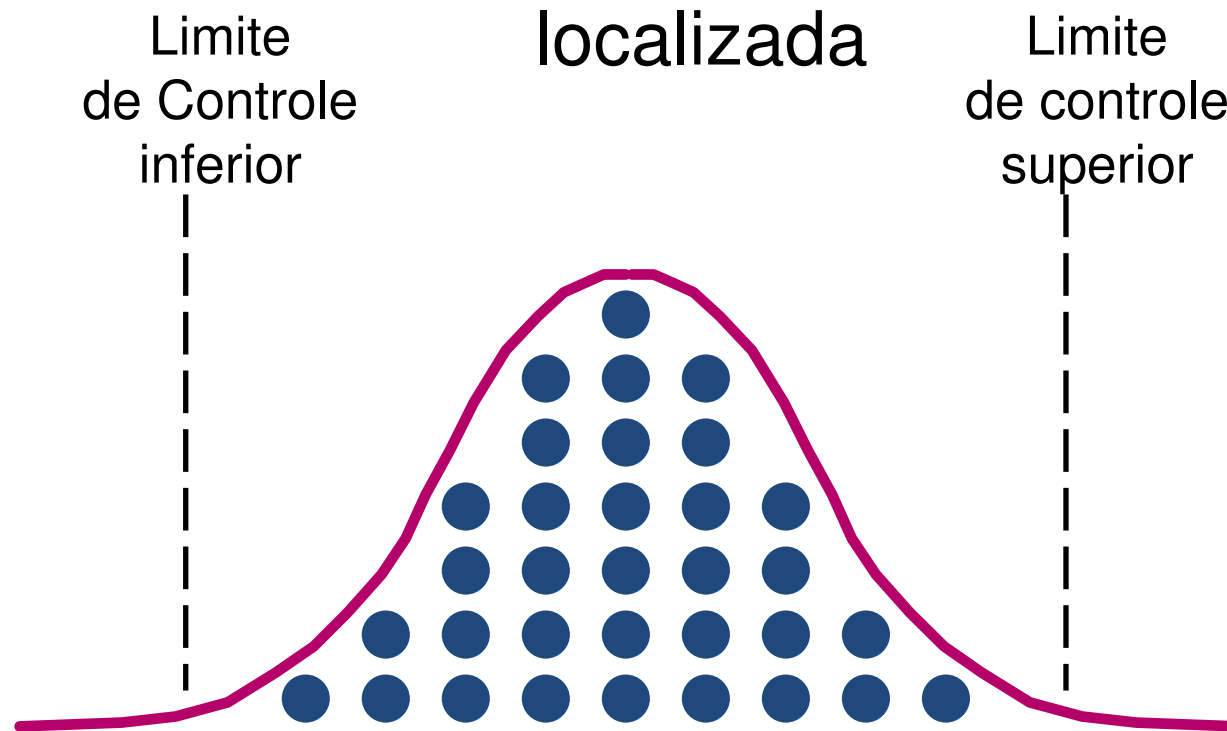
Gráfico de tendencia + Linha Central + Limites de Controle



Detectando Variação

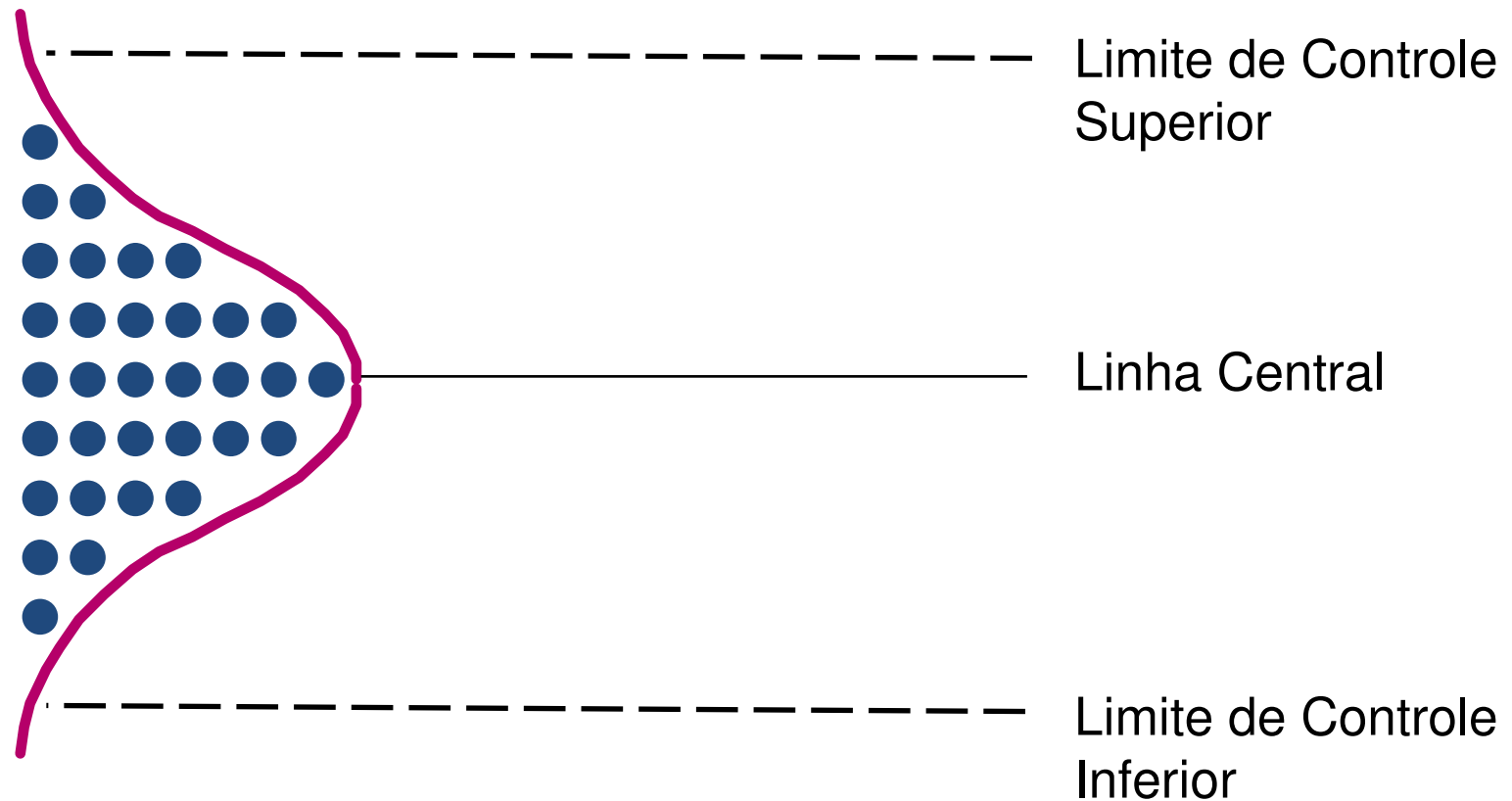
Limits de Controle

Limites de Controle nos dizem onde uma medida em um processo estável deve estar



Detectando Variação

Criando um Gráfico de Controle



Detectando Variação

Criando um Gráfico de Controle

Qual é a Linha Central?

Média do Processo, baseada em dados
históricos

ou

Objetivo do Processo

Detectando Variação

Criando Gráficos de Controle

Selecionando a linha central

Medidas:

A linha central deve ser o objetivo do processo, a menos que sejamos incapazes de controlar o processo em direção a esse objetivo.

Defeitos:

Desde que o objetivo é defeitos zero, a linha central é a média do processo.

Gráficos de Controle e seus usos para Interpretar o comportamento do Processo

Gráfico de Controle: Média ou x-bar charts

Função: Mostrar a média da performance dos atributos do processo sendo medido. A estrutura deste gráfico muda com a mudança do centro da distribuição. Mudanças no processo tendem a afetar a performance de uma mesma maneira. Pode ser afetado por causas identificáveis que aparecem em R-charts.

Interpretação: Exemplos de mudanças no sistema: grande aumento nos requisitos, repentino aumento ou diminuição de pessoal, decréscimo na produção, aumento no número de defeitos.

Gráficos de Controle e seus usos para Interpretar o comportamento do Processo

- **Gráfico de Controle:** R chart.
- **Função:** Medir a variação ou spread da performance do processo. São sensíveis a variação intermitentes ou sistemáticas que afete somente uma parte do produto ou processo no tempo.
- **Interpretação:** Inconsistências de qualquer tipo na performance do processo. Exemplos: módulos maiores levam a maiores defeitos por unidade, engenheiros sem experiência que resultam em produtos inconsistentes, mudança na complexidade do software de uma unidade para outra o que leva a inconsistências nos esforços de design e inspeções.

Gráficos de Controle e seus usos para Interpretar o comportamento do Processo

- **Gráfico de Controle:** Gráfico de atributos
- **Função:** Baseado em modelos teóricos para calcula os limites em torno da média do processo e portanto são mais limitados na sua capacidade de fornecer informação sobre o processo que mostra não estar sob controle.
- **Interpretação:** Semelhante ao gráfico da média. Reflete variações devido a causas do sistema. Exemplo: mudanças no material, pessoal, e sistemas de suporte incluindo ferramentas ou processos.

Gráficos de Controle e seus usos para Interpretar o comportamento do Processo

- **Gráfico de Controle:** Gráficos Individuais.
- **Função:** Mostrar a média e a variação de medidas em um único ponto das variáveis d processo tomadas no tempo. Mostrar a relação entre a voz do processo e a voz dos clientes e são freqüentemente a base para calcular a capacidade do processo.
- **Interpretação:** Útil para dados periódicos tomados no tempo. Não tão sensíveis quanto os gráficos x-bar e R chart na detecção de causas identificáveis da variação do processo, mas é capaz de detectar certas estruturas e tendências mais rapidamente. Exemplos: tendências gerais, grandes flutuações, ciclos.

10 Passos para Implementação do SPC

1. Obtenha familiaridade com as técnicas estatísticas do SPC.
2. Obtenha uma ferramenta que execute cálculos do SPC e que gere gráficos de controle.
3. Identifique problemas críticos do processo.
4. Identifique atributos de performance do processo.
5. Selecione e defina métricas.
6. Coletar dados.
7. Organize os dados e assegure que os princípios que formam a base do SPC tenham sido satisfeitos.
8. Faça o gráfico dos dados.
9. Examine os gráficos para identificar instabilidade do processo, e causas identificáveis.
10. Execute análises adicionais conforme a situação.

Conclusões

- SPC pode melhorar os processos?
- SPC pode ser eficiente no controle do processo?
- Compensa usar o SPC no meu processo?

Bibliografia

- A. Bertolino, E. Marchetti, R. Mirandola, G. Lombardi, and E. Peciola, □ Experience of Applying Statistical Control Techniques to the Function Test Phase of a Large Telecommunications System, □ *IEE Proceedings □ Software*, V. 149, N. 4, August 2002, pp. 93-101
- D. Card, □ Statistical Process Control for Software? □ *IEEE Software*, V. 11, No. 3, May 1994, pp. 95-97
- R. H. Cobb and H. D. Mills, □ Engineering Software under Statistical Quality Control □, *IEEE Software*, V. 7, No. 6, November 1990, pp. 44-54
- S. R. Dalal, J. R. Horgan, J. R. Kettenring, □ Reliable Software and Communication: Software Quality, Reliability, and Safety □, *Proceedings of the 15th International Conference on Software Engineering*, 17-21 May 1993
- A. De Lucia, A. Pannella, E. Pompella, S. Stefanucci, □ Empirical Analysis of Massive Maintenance Processes, □ *Proceedings of the Sixth European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR □ 02)*, 2002
- W. S. Demmy, □ Statistical Process Control in Software Quality Assurance □, *Proceedings of the IEEE National Aerospace and Electronics Conference (NAECON 1989)*, 22-26 May 1989, pp. 1585-1590
- W. A. Florac and A. D. Carleton, *Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement*. Addison-Wesley, 1999
- W. Florac, A. D. Carleton, and J. R. Barnard, □ Statistical Process Control: Analyzing a Space Shuttle Onboard Software Process □, *IEEE Software*, V. 17, no. 4, July/August 2000, pp. 97-106

Bibliografia

- J. S. Gardiner and D. C. Montgomery, □Using Statistical Control Charts for Software Quality Control,□ *Quality and Reliability Engineering International*, V. 3, 1987, pp. 40-43
- W. Hayes, □Using a Personal Software Process to Improve Performance,□ *Proceedings of the Fifth International Software Metrics Symposium*, 20-21 November 1998
- A. L. Jacob and S. K. Pillai, □Statistical Process Control to Improve Coding and Code Review,□ *IEEE Software*, V. 20, No. 3, May/June 2003, pp. 50-55
- P. Jalote and A. Saxena, □Optimum Control Limits for Employing Statistical Process Control in Software Process□, *IEEE Transactions on Software Engineering*, V. 28, N. 12, December 2002, pp. 1126-1134
- Panel on Statistical Methods in Software Engineering of the National Research Council, *Statistical Software Engineering*, National Academy Press, 1996
- M. C. Paulk et. al., *The Capability Maturity Model: Guidelines for Improving the Software Process*, Addison-Wesley, 1995.
- S. J. Prowell, C. J. Trammell, R. C. Linger, and J. H. Poore, *Cleanroom Software Engineering: Technology and Process*. Addison-Wesley, 1999
- R. Radice, □Statistical Process Control in Level 4 and 5 Organizations Worldwide□, *Proceedings of the 12th Annual Software Technology Conference*, 2000. (<http://www.stt.com/>)

FIM