



Tamanho da Amostra e Frequência de Amostragem

Amostras maiores: torna mais fácil a identificação de pequenas mudanças no processo;

Quanto a frequência: a melhor situação seria grandes amostras muito frequentes, torna fácil detectar pequenas mudanças.

Ambas as possibilidades não são, em geral, factíveis economicamente.

A prática industrial corrente tende a favorecer amostras pequenas, mais frequentes. Comuns em processos de grande volume ou processos em que pode ocorrer grande número de causas atribuíveis.

EPUSP/2018 - E. A. aos Processos Industriais

M. E. S. Taquella

1



Tamanho da Amostra e Frequência de Amostragem

Atualmente, com o desenvolvimento de sensores e medidores automáticos, é possível aumentar a frequência de amostragem, isto é, as unidades podem ser testadas na medida que é fabricada.

Os sistemas de medição automática e microcomputadores, com programas de CEP on-line, e em tempo real, é uma maneira eficaz da aplicação do CEP.

No caso do sistema não gozar desse privilégio, as duas possibilidades citadas no início da transparência anterior, por não serem factíveis do ponto de vista econômico, podem ser substituídas pelo comprimento médio da sequência (CMS) do gráfico de controle.

EPUSP/2018 - E. A. aos Processos Industriais

M. E. S. Taquella

2



Tamanho da Amostra e Frequência de Amostragem

CMS é o número médio de pontos que devem ser marcados antes da indicação de um ponto fora de controle.

Se as observações do gráfico de Shewhart não são correlacionados, o CMS é dado por:

$CMS = \frac{1}{p}$, em que p é a probabilidade de qualquer ponto exceder os limites de controle.

Ex: para o gráfico \bar{x} com os limites 3σ , $p=0,0027$ (probabilidade de um único ponto caia fora dos limites quando o processo está sob controle).

EPUSP/2018 - E. A. aos Processos Industriais

M. E. S. Taquella

3



Tamanho da Amostra e Frequência de Amostragem

Neste caso, o CMS é chamado CMS_0 .

$$CMS_0 = \frac{1}{p} = \frac{1}{0,0027} = 370$$

Isto significa que: Mesmo que o processo esteja controlado, um sinal fora de controle será emitido, em média, a cada 370 amostras.

Atualmente, o uso do CMS para a descrever o desempenho dos gráficos de controle é muito criticado, porque a distribuição do CMS para gráfico de controle é uma distribuição geométrica.

EPUSP/2018 - E. A. aos Processos Industriais

M. E. S. Taquella

4



Tamanho da Amostra e Frequência de Amostragem

Devido a isso têm-se duas preocupações:

O desvio padrão do CMS é muito grande; e

Devido a distribuição geométrica ser assimétrica, a média da distribuição (CMS), não é verdadeiramente um valor típico do comprimento da sequência (CMS). E como consequência, o desvio padrão fica da mesma ordem de grandeza da média, porque, para a distribuição geométrica:

$$\eta = \frac{1}{p} \quad \text{e} \quad \sigma^2 = \frac{1-p}{p^2}$$

EPUSP/2018 - E. A. aos Processos Industriais

M. E. S. Taquella

5



Tamanho da Amostra e Frequência de Amostragem

Exemplo:

Considere o gráfico de controle de Shewhart com limites 3σ . Se o processo está sob controle:

$P=0,0027$, e portanto $CMS_0 = 1/p = 1/0,0027 = 370$.

Esta seria a média da distribuição geométrica, e o desvio padrão seria então:

$$\sigma^2 = \frac{1-p}{p^2} \quad \text{ou seja,} \quad \sigma = \frac{\sqrt{1-0,0027}}{0,0027} = 370$$

EPUSP/2018 - E. A. aos Processos Industriais

M. E. S. Taquella

6



Tamanho da Amostra e Frequência de Amostragem

No momento, é comum expressar o desempenho do gráfico de controle por Tempo Médio de Alerta (TMA), para amostras tomadas em intervalos fixos de h horas

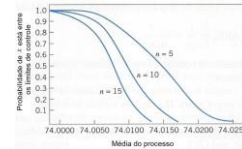
$$\text{TMA} = \text{CMS}h$$

Pode-se empregar, no caso, a curva característica de operação (curva CO) para mostrar a probabilidade de um erro tipo II (risco de o processo indicar que está sob controle quando, de fato, está fora de controle).

A curva CO indica a habilidade do gráfico de controle indicar mudanças de diferentes magnitudes no processo.



Tamanho da Amostra e Frequência de Amostragem



Exemplo de uso da Curva CO.

A cada amostra com $n=5$, e quando o processo sai de controle a média migra para 74.0150. Pela CO a probabilidade de \bar{x} cair dentro dos limites de controle é aproximadamente 0,5. Então o comprimento médio da sequência é: $\text{CMS}1 = \frac{1}{0,5} = 2$, o processo requer 2 amostras para detectar o deslocamento da média.



Subgrupos Racionais

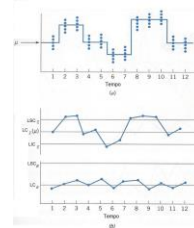
São subgrupos selecionados de modo que, se existir causas atribuíveis, a chance de diferença entre grupos será maximizada, e a diferença dentro do grupo será minimizada.

Usam-se duas abordagens para subgrupos racionais

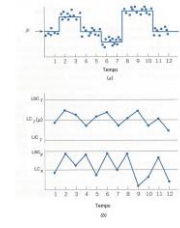
1. Cada amostra se constitui em unidades coletadas ao mesmo tempo, essa amostra reflete um instantâneo, ela diminui a chance de causas atribuíveis ;
2. Cada amostra se constitui em unidades do produto que são representativas de todas as unidades que foram produzidas desde que a última amostra foi tomada.



Subgrupos Racionais



Usada para detectar mudanças no processo. Ela estima melhor o σ



Usada quando o gráfico de controle é destinado a tomada de decisão sobre a aceitação das unidades do produto



Análise de Padrões em Gráfico de Controle

O *Statistical Quality Control Handbook*, sugere um conjunto de regras de decisão para detecção de padrões não aleatórios em gráficos de controle:

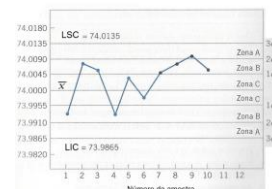
1. Um ponto se localiza fora dos limites 3σ ;
2. Dois, em três pontos consecutivos, se localizam além dos limites de alerta, 2σ ;
3. Quatro ou cinco pontos consecutivos, se localizam a uma distância de 1σ ou mais da linha central;
4. Oito pontos consecutivos se localizam de um mesmo lado da linha central



Análise de Padrões em Gráfico de Controle

Outra forma de enxergar os padrões, proposto no mesmo manual, é o de regras das zonas.

Consiste em um gráfico de controle dividido em 3 zonas A, B e C de cada lado da linha central, com os limites 1 sigma, 2 sigmas e três sigmas.





Análise de Padrões em Gráfico de Controle

Às vezes critérios suplementares para reconhecimento de padrões são empregados simultaneamente com os gráficos de controle, a saber:

1. Um ou mais pontos fora dos limites de controle;
2. Dois ou três pontos consecutivos fora dos limites de alerta 2σ , mais dentro dos limites de controle;
3. Quatro ou cinco pontos consecutivos além dos limites 2σ ;
4. Uma sequência de 8 pontos consecutivos de um mesmo lado da linha central;
5. Seis pontos em uma sequência crescente ou decrescente;
6. Quinze pontos em sequência na zona C (acima ou abaixo da linha central);
7. Quatorze pontos em sequência alternadamente para cima e para baixo;
8. Oito pontos em sequência de ambos os lados da LC com nenhum na zona C;
9. Um padrão não usual ou não aleatório nos dados
10. Um ou mais pontos perto de um limite de alerta ou de controle

EPUSP/2018 - E. A. aos Processos Industriais

M. E. S. Taquela

13



Análise de Padrões em Gráfico de Controle

As regras suplementares apresentadas ajudam a aumentar a sensibilidade dos gráficos de controle a uma pequena mudança no processo.

Elas são largamente empregadas na prática

EPUSP/2018 - E. A. aos Processos Industriais

M. E. S. Taquela

14



Análise de Padrões em Gráfico de Controle



Padrão cíclico

Possíveis causas:

Mudanças ambientais;
Fadiga do operador;
Rotação regular de operador ou de máquinas;
Flutuações de alguma variável do processo.

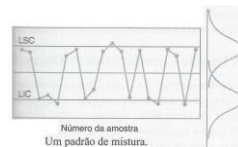
EPUSP/2018 - E. A. aos Processos Industriais

M. E. S. Taquela

15



Análise de Padrões em Gráfico de Controle



Número da amostra
Um padrão de mistura.

Possíveis causas:

Superposição de duas distribuições.
A gravidade deste padrão depende de quanto as distribuições se superpõem.
Isto pode resultar em um supercontrole (quando os operadores fazem ajustes muito frequentes).

EPUSP/2018 - E. A. aos Processos Industriais

M. E. S. Taquela

16



Análise de Padrões em Gráfico de Controle



Número da amostra
Um deslocamento no nível do processo

Possíveis causas:

Introdução de novos trabalhadores;
Mudanças nos métodos ou na matéria prima;
Mudanças nas máquinas;
Mudança no método de inspeção ou valores de referência;
Mudança nas habilidades, atenção ou motivação dos operadores.

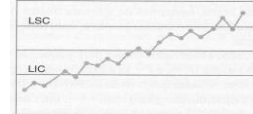
EPUSP/2018 - E. A. aos Processos Industriais

M. E. S. Taquela

17



Análise de Padrões em Gráfico de Controle



Número da amostra
Uma tendência no nível do processo

Possíveis causas:

Desgaste ou deterioração gradual de uma ferramenta ou um componente crítico do processo;
Nos processos químicos pode ocorrer devido a separação dos componentes de uma mistura;
Causas humanas (fadiga do operador ou presença do supervisor), fatores sazonais, etc.

EPUSP/2018 - E. A. aos Processos Industriais

M. E. S. Taquela

18



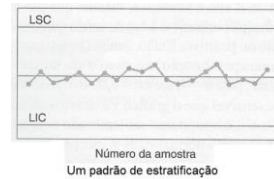
Análise de Padrões em Gráfico de Controle

Alternativas:

Gráfico de controle da regressão
Gráfico de controle modificado



Análise de Padrões em Gráfico de Controle



Possíveis causas:

Cálculo incorreto dos limites de controle;
Problemas na amostragem em processos paralelos (coleta uma ou mais unidades de diferentes distribuições subjacentes dentro de cada um dos subgrupos).



Monitorando um Processo

Notas de Deming

"Uma falha na interpretação das observações, visto em todos os lugares, é supor que todo evento (mal interpretação de defeito, acidente) é atribuível a alguém (geralmente o mais próximo), ou está relacionado a algum evento especial".

"A confusão entre causas comuns e causas especiais leva à frustração de todos e leva a uma maior variabilidade e a custos mais altos, exatamente contrários ao que é necessário".

"Eu diria que, na minha experiência, a maioria dos problemas, e a maioria das possibilidades de melhoria somam proporções semelhantes a: 94% pertencem ao sistema (responsabilidade da administração), 6% especiais".



Monitorando um Processo

Um processo é dito estar sob controle estatístico quando não existem causas especiais

A Figura 10.3, página 156, ilustra tanto um processo "fora de controle" quanto um processo "sob controle"

Um processo pode estar sob controle estatístico e não é capaz de produzir consistentemente produtos dentro dos limites de especificação

A Figura 10.4, página 157, ilustra tanto um processo capaz quanto um não capaz

As questões de capacidade / desempenho do processo podem ser o resultado :

- mudança de média do processo , ou
- Variabilidade excessiva



Monitorando um Processo

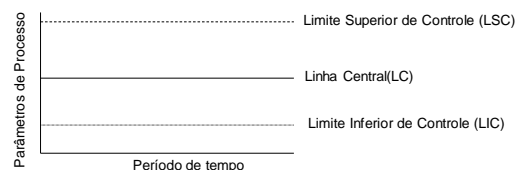
Ao se criar um sistema de carta de controle que separe uma causa comum de uma causa especial

Você acha que uma pessoa pode configurar uma estratégia de gerenciamento de controle que indica que o sistema está fora de controle, enquanto outra configura uma estratégia de gerenciamento de controle que indica que o sistema está sob controle?



Cartas de controle básicas

As cartas de controle de Shewhart rastreia processos coletando dados ao longo do tempo



Cartas para Variáveis: \bar{X} -bar & R, \bar{X} mR

Cartas para Atributos: p, np, c, u



Monitorando um Processo

