

Ferramentas da Qualidade

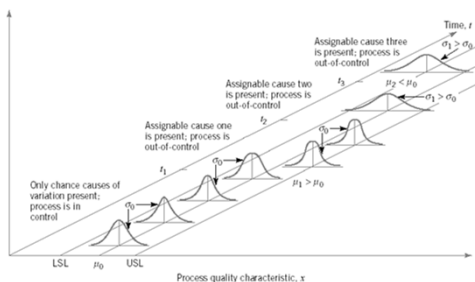
Roteiro

1. Conceitos Básicos
2. Folha de Verificação
3. Gráfico de Pareto
4. Fluxograma
5. Diagrama de Causa-e-efeito
6. Histograma
7. Diagrama de Dispersão
8. Referências

Conceitos Básicos

Variabilidade dos Processos

- Causas Comuns ou Aleatórias:
 - √ Variabilidade inerente ao processo
 - Presente mesmo quando operando conforme padrão
 - √ Processo sob controle estatístico
 - Comportamento estável/previsível
- Causas Especiais ou Atribuíveis:
 - √ Surgem em situações particulares
 - √ Modificação no nível de qualidade do processo
 - √ Processo fora de controle estatístico



Fonte: D. Montgomery. *Introduction to Quality Control*

- Característica de qualidade contínua

- Redução da variabilidade do processo:
 - √ Coleta e análise de dados
 - √ Identificação das principais causas de variação
- Eliminação das causas especiais:
 - √ manutenção da estabilidade do processo (controle)
- Redução das causas comuns:
 - √ Melhoria do nível de qualidade do processo (capacidade)

Implantação Programas de Qualidade

- Perguntas Essenciais:
 - √ O que precisa ser feito?
 - √ Como fazer?
- Deve-se sempre observar o método, assim como saber utilizar técnicas e ferramentas

Controle Estatístico de Processo

- Conjunto de ferramentas utilizadas para obter estabilidade e melhoria da capacidade dos processos, por meio da redução da variabilidade

Ferramentas do Controle da Qualidade

- Principais ferramentas de resolução de problemas de Controle Estatístico do Processo – CEP (*Ishikawa*):
 1. Histograma
 2. Folhas de verificação
 3. Diagrama de Pareto
 4. Diagrama de causa-e-efeito
 5. Fluxograma
 6. Diagrama de dispersão
 7. Gráfico de controle

Comentários

- “Nem todos os problemas podem ser resolvidos por essas ferramentas, mas pelo menos 95% podem ser, e qualquer trabalhador fabril pode utilizá-las efetivamente.” (*Ishikawa*)
- Essas ferramentas deveriam ser ensinadas amplamente para toda a organização;
- O gráfico de controle é mais eficaz quando integrado em amplo programa de CEP.

Ferramentas da Qualidade

- Auxiliam nas etapas de:
 - √ Geração e organização de idéias;
 - √ Análise de dados;
 - √ Definição de estratégias e planos de ação;
 - √ Definição e priorização de ações
- Podem ser usados com:
 - √ Dados quantitativos;
 - √ Dados qualitativos.

Cuidados

- Erro comum:
 - √ Procurar um problema que se ajuste à ferramenta.
- Raciocínio correto:
 - √ Procurar as ferramentas que ajudam a resolver o problema.
- Importante:
 - √ Os dados precisam ser analisados para gerarem informações úteis e conseqüentemente ação (decisão)

A Importância da Informação

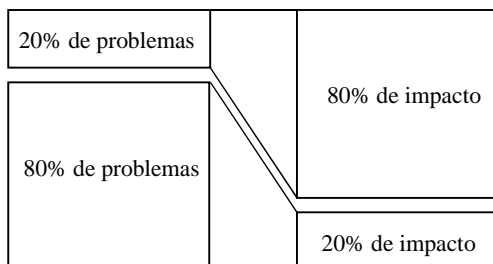
- Existem casos em que:
 - √ A empresa não coleta dados;
 - √ A empresa coleta dados e não analisa;
 - √ A empresa coleta dados e analisa superficialmente ou de forma incorreta;
 - √ A empresa coleta, analisa e não atua;
 - √ A empresa coleta, analisa e atua.



Gráfico de Pareto

Princípio de Pareto

- Técnica que busca separar os problemas vitais (poucos) dos triviais (muitos)



Problemas

- “Poucos e vitais”:
 - √ Representam um **pequeno número de problemas** que, no entanto, resultam em **grandes perdas**.
- “Muitos e triviais”:
 - √ São um **grande número de problemas** que resultam em **perdas pouco significativas**.

Objetivo

- Identificar as causas dos “poucos problemas vitais”;
 - √ Focar na solução dessas causas;
 - √ Eliminar uma parcela importante das perdas com um pequeno número de ações.

Diagrama de Pareto

- Distribuição de freqüências de dados organizados por categorias:
 - √ Marca-se a freqüência total de ocorrência de cada defeito vs. o tipo de defeito
 - √ Uma escala para freqüência absoluta e outra para a freqüência relativa acumulada.

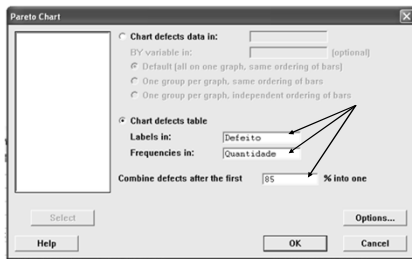
Diagrama de Pareto

- Identifica-se rapidamente os defeitos que ocorrem com maior frequência
- Os defeitos mais frequentes não são necessariamente os defeitos mais importantes.

Exemplo

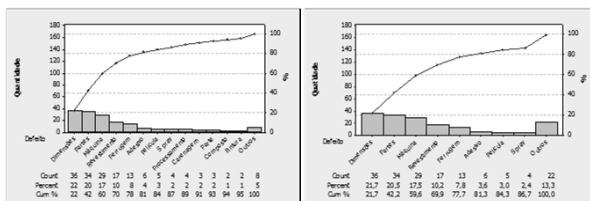
- Defeitos em tanques (guia: *tanques*)

Stat > Quality Tools > Pareto chart →



Exemplo

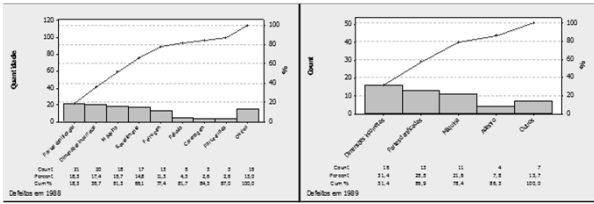
- Gráfico Pareto



Outros: 95%

Outros: 85%

• Estratificando por ano



Defeitos com Conseqüências Diversas

- Se há defeitos com conseqüências sérias, misturados com outros de menor importância, pode-se:
 - ✓ Usar ponderação para modificar as contagens de freqüências;
 - ✓ Acompanhar a análise do diagrama de Pareto de freqüência com uma gráfico de Pareto de custo ou de impacto

Gráfico de Pareto Ponderado – Causas

- Quando o Pareto for para **causas**, pode-se ponderar pelas:
 - ✓ Probabilidade de ser a causa principal;
 - ✓ Facilidade de atuação
- *Fator de ponderação=probabilidade x facilidade*

Ponderações

- Probabilidade de ser a principal causa do problema:
 - √ 1,0 : muito provável
 - √ 0,5: moderadamente provável
 - √ 0,1: pouco provável
- Facilidade de atuação:
 - √ 1: difícil de atuar
 - √ 50: dificuldade de atuação moderada
 - √ 100: fácil de atuar

Exemplo

Causa	Probabilidade	Facilidade Atuação	Fator de Ponderação
Causa A	0,90	50	45,0
Causa B	0,10	80	8,0
Causa C	0,30	100	30,0
Causa D	0,90	80	72,0

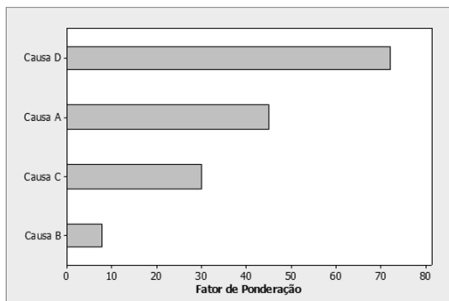


Gráfico de Pareto Ponderado – Defeitos

- Quando o Pareto for para **defeitos**, pode-se ponderar a frequência dos defeitos pela:
 - √ Criticidade do defeito;
 - √ Custo do defeito.
- *Fator ponderador=frequência x criticidade x custo*

Outros Critérios

- Método REI
 - √ Resultado
 - √ Exequibilidade
 - √ Investimento
- Método GUT
 - √ Gravidade
 - √ Urgência
 - √ Tendência

• Método REI

Resultado (R)	Exequibilidade (E)	Investimento (I)	Prioridade (P)
Resultado que a alternativa proporciona:	Facilidade de implantação da alternativa:	Custo de implantação da alternativa:	P = R x E x I
Elimina todas as dificuldades:	Fácil de ser implantada:	Baixo custo de implantação:	
Peso: 5	Peso: 5	Peso: 5	
Elimina parcialmente:	Dificuldade intermediária:	Custo intermediário:	
Peso: 3	Peso: 3	Peso: 3	
Elimina totalmente:	Difícil de ser implantada:	Alto custo de implantação:	
Peso: 1	Peso: 1	Peso: 1	

• Método GUT

Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	Prioridade (P)
Prejuízo que a situação poderá causar:	Urgência na tomada de decisão:	Situação no caso de não ser efetuada nenhuma ação:	P = G x U x T
Muito importante	Imediata	Situação deteriorará	
Peso: 5	Peso: 5	Peso: 5	
Moderadamente importante	Almido prazo	Situação estável	
Peso: 3	Peso: 3	Peso: 3	
Pouco importante	Pode ser adiada	Situação melhorará	
Peso: 1	Peso: 1	Peso: 1	

Aplicações Não-industriais

- Muito utilizado em métodos de melhoria de qualidade

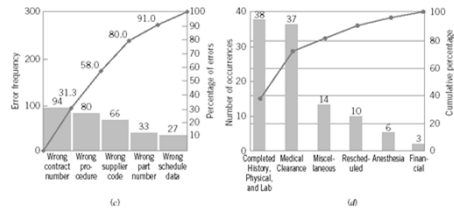


Figure 4-18 Various examples of Pareto charts.

Comentários

- Gráficos de Pareto sobre causas de problemas:
 ✓ Se não aparecerem diferenças claras, reagrupar os dados
- Se a categoria “outros” apresentar frequência elevada, significa que as categorias não foram adequadas;

Comentários

- Comparação dos gráficos de Pareto “antes” e “depois” permitem avaliar o impacto de mudanças efetuadas no processo.
- Nem sempre eventos mais frequentes ou de maior custo são os mais importantes.
 ✓ Ex. Um acidente fatal vs. 100 cortes nos dedos

Exercício

- Análise do processo de preenchimento de apólices de seguro:
 - √ 2 modelos diferentes de formulário
 - √ 4 operadores trabalharam no preenchimento
 - √ 5 tipos de problemas com os formulários
- Pedu-se:
 - √ Identificar os problemas vitais e triviais
 - √ Considerar estratificação na análise
- Banco de dados: *seguro*

Comandos Minitab

Stat > Quality Tools > Pareto Chart →

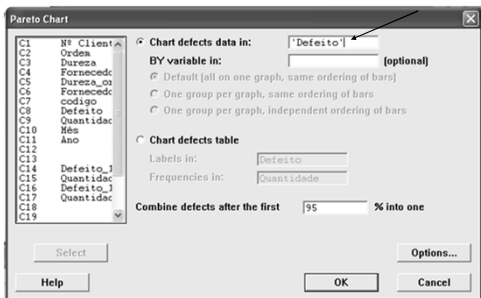
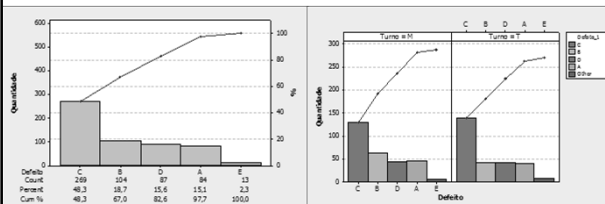


Gráfico global

Estratificação: turno



- Estratificação: operador

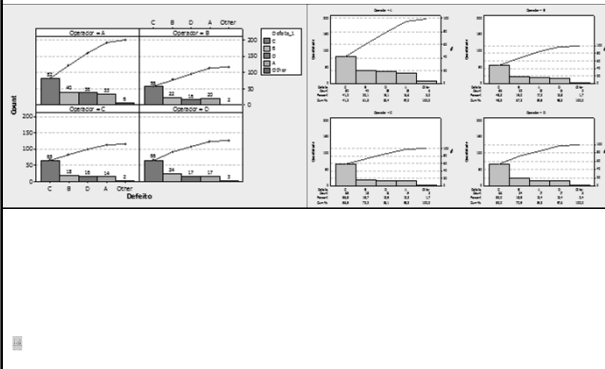


Diagrama de Causa-e-efeito

Diagrama de Causa-e-efeito

Diagrama de Causa-e-efeito

- Representa a relação entre o “efeito” e suas possíveis “causas”;
- Utilizado para **identificar, explorar e ressaltar** as possíveis causas de um problema ou condição específica
- Ferramenta útil na eliminação de causas potenciais

Diagrama de Causa-e-efeito

- Representa a relação entre o “efeito” e suas possíveis “causas”;
- Utilizado para **identificar, explorar e ressaltar** as possíveis causas de um problema ou condição específica
- Ferramenta útil na eliminação de causas potenciais

Outros Nomes

- Diagrama de espinha de peixe;
- Diagrama de Ishikawa;
- Diagrama 6M

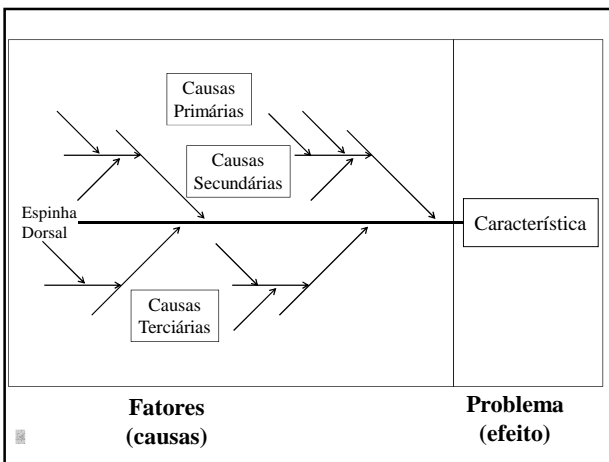
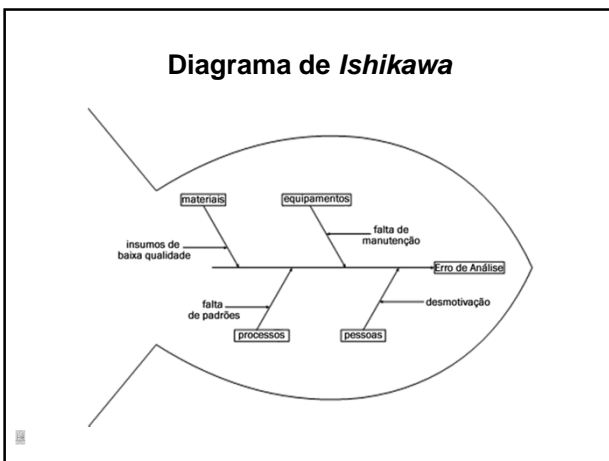


Diagrama de Ishikawa



Construção do Diagrama

- Defina o problema a ser analisado;
- Forme equipe para a análise
 - √ Em geral, as causas potenciais são descobertas em *brainstorming*;
- Desenhe a caixa de efeito e a linha central;
- Especifique as principais categorias de causas potenciais e coloque-as em caixas ligadas à linha central;

Construção do Diagrama

- Identifique as causas possíveis e classifique-as nas categorias do passo anterior. Crie novas categorias, se necessário
- Ordene as causas para identificar aquelas que parecem mais prováveis de causar impacto sobre o problema
- Adote ações corretivas

Causas – 6M

- As principais causas podem ser agrupadas em 6 categorias:
 - √ Método;
 - √ Mão-de-obra;
 - √ Material;
 - √ Máquina;
 - √ Meio Ambiente;
 - √ Medida.
- } 4 M
(para alguns autores)

Detalhamento

- Método:
 - √ Instrução
 - √ Procedimento
- Mão-de-obra:
 - √ Físico;
 - √ Mental.
- Material:
 - √ Fornecedor;
 - √ Próprio.
- Máquina:
 - √ Deterioração
 - √ Manutenção
- Meio Ambiente:
 - √ Intempéries;
 - √ Clima.
- Medida:
 - √ Instrumento;
 - √ Inspeção.

Diagrama de Causa-e-efeito

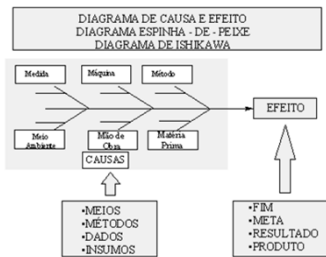
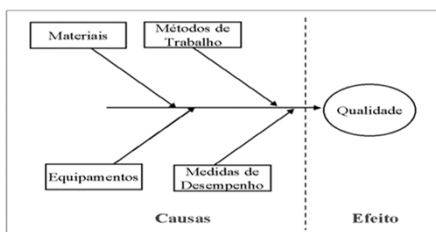


Diagrama de Causa-e-Efeito – Diagrama



Exemplo – Produto



- Em áreas administrativas, mais adequado:

- √ Políticas;
 - √ Procedimento;
 - √ Pessoal;
 - √ Planta (*layout*).
- } 4 P

- 6M e 4P são apenas sugestões;
- Deve-se usar qualquer classificação que auxilie as pessoas a pensarem criativamente.

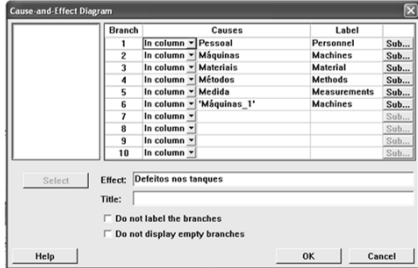
Exemplo – Serviço



Exemplo

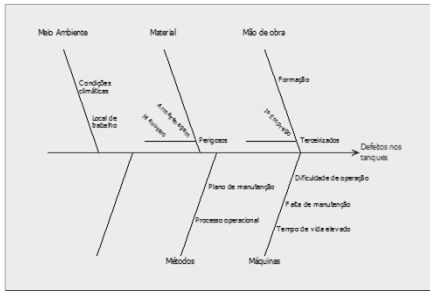
- Causas dos defeitos em tanques
√ Planilha: *causa-e-efeito*

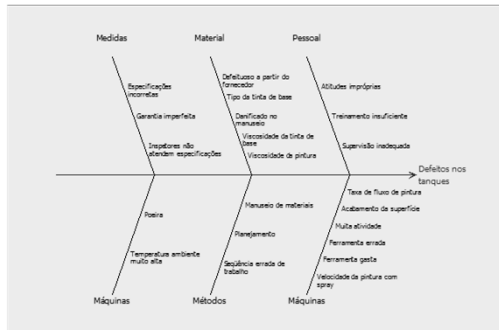
Stat > Quality Tools > Cause-and-effect →



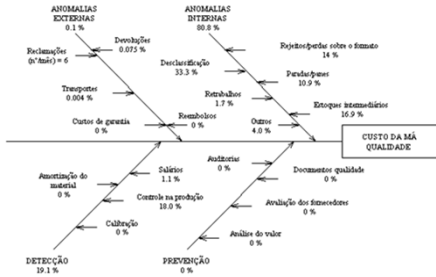
Exemplo

- Acidentes de Trabalho
√ Planilha: *causa acidentes*





• Causas de Custos da Má Qualidade



Comentários

- O diagrama deve ser construído por pessoas realmente envolvidas no processo;
- A técnica de *brainstorming* auxilia o levantamento completo das possíveis causas;
- Deve-se expressar de forma mensurável os efeitos e as causas (sempre que possível);

Comentários

- Diagrama muito detalhado pode servir como um eficiente auxiliar para localizar e reparar defeitos
- A construção de um diagrama de causa-e-efeito como uma experiência de grupo tende a levar as pessoas envolvidas a atacar o problema e não a atribuir culpas

Gráfico Seqüencial

Gráfico Seqüencial

- Gráfico de dados ao longo do tempo;
 - √ Ferramenta de construção e atualização simples;
 - √ Pontos marcados em gráfico à medida de sua disponibilidade;

Construção de Gráfico Seqüencial

- Obter dados quantitativos ordenados no tempo;
 - √ Escolher escala da unidade de tempo;
 - √ Escolher escala para os dados quantitativos;
 - √ Quantidade de erros, reclamações, quebras, etc.
- Marcar os pontos e ligá-los através de uma linha

Uso

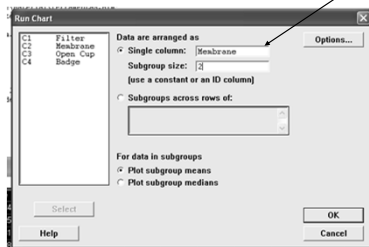
- Monitoramento da média esperada ao longo do tempo;
 - √ Pesquisar tendências, que poderiam indicar presença de causas especiais;
- Utilização comum em ocorrências de:
 - √ Paradas de máquinas;
 - √ Quantidades produzidas;
 - √ Quantidades de refugos
 - √ Outras variáveis no tempo

- Observa-se o aspecto global do gráfico;
- Indicativo de processo fora de controle:
 - √ Algo diferente de uma nuvem de pontos distribuída ao acaso, em torno de um valor constante e com amplitude aproximadamente constantes;
- Em estado de controle estatístico:
 - √ Todas as causas especiais foram bloqueadas;
 - √ A variabilidade existente deve-se às causas comuns
 - Variação natural do processo

Exemplo

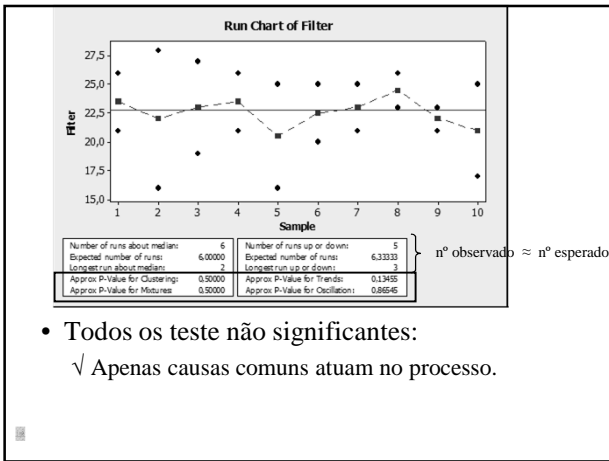
- Produção de dispositivos para medir radiação
 - √ Variável: *Filter*
 - √ 20 dispositivos, em grupos de 2
 - √ Planilha: *radon*

Stat > Quality Tools > Run Chart →



Interpretação Testes para Aleatoriedade

- Se há apenas causas comuns de variação (processo sob controle) os dados exibirão comportamento aleatório:
 - √ Número de rodadas (*runs*) observadas está próximo do número esperado de rodadas;
 - √ Os testes para padrão aleatório são não significativos



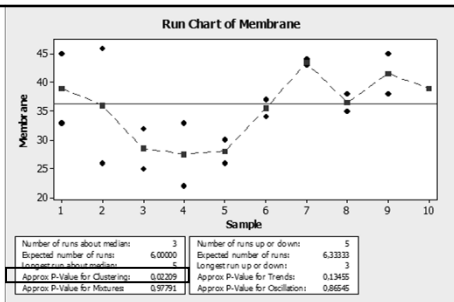
- Todos os teste não significantes:
 - √ Apenas causas comuns atuam no processo.

Testes de Aleatoriedade

- Rodada (*run*):
 - √ Um ou mais pontos consecutivos do mesmo lado da mediana
- H_0 : dados estão em seqüência aleatória vs
- H_1 : dados não estão em seqüência aleatória
 - √ Se n° observado $>$ n° esperado $\rightarrow H_1$: mistura
 - √ Se n° observado $<$ n° esperado $\rightarrow H_1$: cluster

Cluster

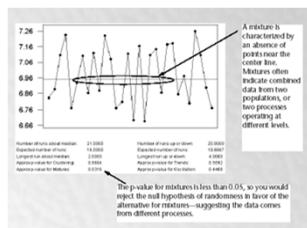
- Grupo de pontos em uma área do gráfico
 - ✓ Indica variação devido a causas especiais
 - ✓ Sugerem problemas de medição ou de amostragem



- Teste significativa para *clustering*:
 - ✓ Causas especiais afetam o processo. Deve-se investigar as possíveis fontes.

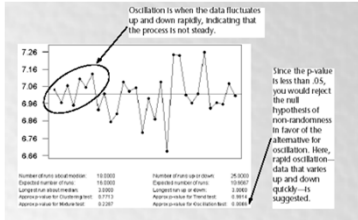
Mistura

- Ausência de pontos próximos à linha central
 - ✓ Indica combinação de duas populações
 - ✓ Processos operando em níveis diferentes



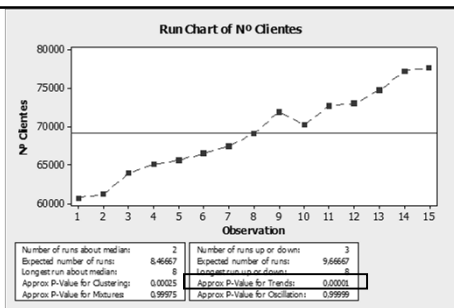
Oscilação

- Dados fluindo rapidamente para cima ou para baixo;
 - √ Indica que o processo não está estável.



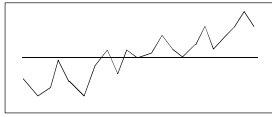
Tendência

- Pontos que movem-se para cima ou para baixo
 - √ Movimentos sustentados por fontes de variação sistemáticas;
 - √ Podem indicar que o processo está se tornando fora de controle
 - Máquina desajustando-se
 - Rotação periódica de operadores



- Teste significativo para tendência:
 - √ Podem alertar que o processo está se tornando fora de controle.

- Tendência ascendente ou descendente:



- Possíveis causas especiais:

- √ Desgaste de ferramentas ou matrizes de uso contínuo;
- √ Mudança gradual de condições ambientais:
 - Temperatura, umidade, etc.
- √ Mudança gradual em parâmetros do processo;
- √ Deterioração gradual de equipamentos

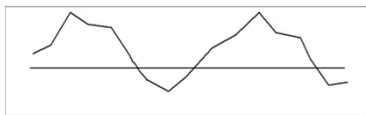
- Mudança brusca (salto) no nível médio da característica de qualidade:



- Possíveis causas especiais:

- √ Mudança nas condições operacionais do processo;
- √ Uso de matéria-prima diferente
- √ Utilização de métodos diferentes.

- Variações periódicas formando ciclos que se repetem:



- Possíveis causas especiais:

- √ Alteração sazonal na matéria-prima;
- √ Ocorrência de eventos periódicos:
 - Ambientais, físicos, químicos, etc.

• Alteração brusca na amplitude de variação:



• Possíveis causas especiais:

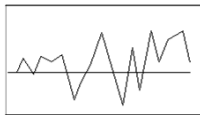
√ Aumento na amplitude:

- Operador inexperiente;
- Matéria-prima com maior variação

√ Diminuição na amplitude:

- Operador mais experiente;
- Matéria-prima mais homogênea

• Alteração gradual na amplitude de variação:



• Possíveis causas especiais:

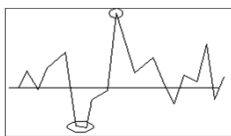
√ Aumento na amplitude:

- Diminuição habilidade operador (fadiga, etc.)
- Matéria-prima de pior qualidade
- Ausência de método de manutenção de qualidade;

√ Diminuição na amplitude:

- Situações opostas.

• Pontos outliers:

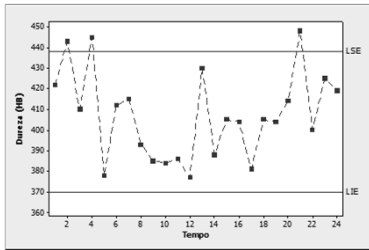


• Possíveis causas especiais:

- √ Erros de cálculo, de medição, de transcrição de dados;
- √ Instrumentos de medição descalibrados;
- √ Descontrole temporário dos parâmetros do processo;
- √ Defeito repentino nos equipamentos (correção imediata)
- √ Amostras coletadas de processos diferentes (mistura de dados).

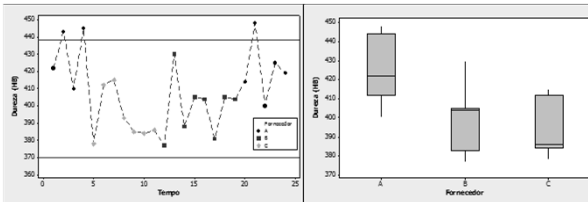
Exemplo – Estratificação

- Medidas de dureza de molas de aço:



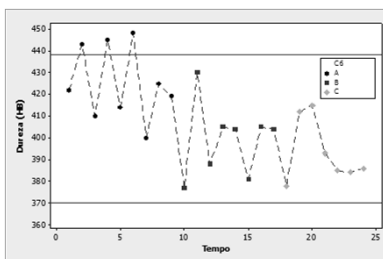
- 3 medidas acima do LSE, indicativo de problema no processo de produção

- Gráfico estratificado por fornecedor:



✓ Todas as medidas acima do LSE correspondem ao fornecedor A

- Ordenando por fornecedor



Referências

Bibliografia Recomendada

- Minitab Corp. (meio eletrônico)
Meet Minitab para Windows – Versão 15.
- Montgomery, D. C. (LTC)
Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade
- Werkema, M. C. C. (QFCO)
Ferramentas Estatísticas para o Gerenciamento de Processos
