

As ferramentas da **QUALIDADE**

Aprendendo a aplicar para solucionar problemas

EXPEDIENTE

Textos: EPSE Editora e Paulo César Jatobá
Edição: Hayrton Rodrigues do Prado Filho
Designer gráfico: Adilson Aparecido Barbosa

Uma publicação da

Revista FALANDO DE QUALIDADE (BANAS)

Rua Ministro Nelson Hungria, 239 – conj. 10

05690-050 – São Paulo – SP

Tel.: (11) 3758-9906

www.banasqualidade.com.br

Jatobá Consultores Associados(11) 4224-3577 – (11) 9983-6938 – jatobá.consultor@uol.com.br

As ferramentas básicas da QUALIDADE

Kaoru Ishikawa constatou que 95% dos problemas de uma empresa podem ser resolvidos com as ferramentas básicas da qualidade, sendo importante ter o conhecimento destas técnicas, que devem ser conhecidas e aplicadas rotineiramente por todos. Em linhas gerais, as ferramentas básicas para melhorias em qualidade são:

- Formulário de dados – os dados devem traduzir os fatos e devem ser a base da discussão e das ações de projetos de melhoria. Isto mostra a importância de se planejar muito bem o tipo de formulário que deverá ser usado para coletar os dados, o qual deve ser adaptado a cada situação. Existem, porém, alguns tipos básicos de formulários, que podem ser úteis em muitos casos: check-sheet, dada sheet e checklist.

- Diagrama de Pareto – é uma figura simples que visa dar uma representação gráfica à estratificação. O modelo econômico de Pareto foi traduzido para a área da qualidade sob a forma de que alguns elementos são vitais; muitos, apenas triviais, por Juran. Este princípio, também conhecido como “Lei 20/80”, pode ser detalhado nas mais variadas formas. Dentre elas, podem ser citadas: 20% do tempo gasto com itens importantes são responsáveis por 80% dos resultados; 20% do tempo gasto em planejamento economiza até 80% do tempo de execução; 20% dos clientes representam 80% do faturamento global; 20% dos correntistas são responsáveis por 80% dos depósitos; 20% das empresas detêm 80% do mercado; 20% dos defeitos são responsáveis por 80% das reclamações; e 20% dos clientes são responsáveis por 80% das vendas. Resumidamente, pode-se dizer que: se os sistemas ou causas de produtos defeituosos ou de algum outro efeito são identificados e registrados, é possível determinar que porcentagem pode ser atribuída a cada uma das causas. Em linhas gerais, o que o diagrama de Pareto sugere é que existem elementos críticos e a eles deve-se prestar total atenção. Usa-se, assim, um modelo gráfico que os classifica em ordem decrescente de importância, a partir da esquerda.

- Fluxograma – é um diagrama que representa o fluxo (ou seqüência) das diversas etapas de um processo qualquer. Ao iniciar um projeto de melhoria, sua grande utilidade é fazer com que todos os participantes adquiriam uma visão completa do processo, ao mesmo tempo que permite que cada pessoa tenha melhor percepção de qual o seu papel no processo e de como seu trabalho influi no resultado final. Uma outra forma de utilizá-lo é fazer o fluxograma de como as atividades estão sendo feitas na prática e compará-lo com o fluxograma de como as

atividades deveriam estar sendo feitas. Isto pode revelar a origem de alguns problemas. Podem ser usados quaisquer símbolos ou desenhos, desde que o entendimento seja fácil para todos.

- Diagrama de Ishikawa – técnica criada por Ishikawa em 1943, também conhecida por vários outros nomes: diagrama causa-efeito, diagrama espinha de peixe, diagrama 4M, diagrama 5M, sendo uma ferramenta de valor indispensável, pois permite conhecer os problemas cada vez mais a fundo. Pode ser facilmente aprendida e imediatamente posta em prática por pessoas de qualquer nível dentro da empresa. Embora possa ser utilizada individualmente, a principal qualidade do diagrama de Ishikawa é sua capacidade de “focalizar” a discussão em grupo, estimulando a participação de todos e direcionando o conhecimento de cada pessoa no sentido de identificar as causas ou os fatores responsáveis por um dado problema ou situação (efeito). Permite, assim, a organização das idéias e sua visualização agrupada destacando as áreas mais significativas. Existem três tipos de diagrama causa-e-efeito, definidos por Ishikawa: análise de dispersão, classificação de processo e enumeração de causas.

- Histograma – inventado em 1833 pelo estatístico francês A.M. Guerry, durante um estudo de ocorrências criminais, baseia-se na idéia de que cada fenômeno tem seu jeito próprio de variar. Então, pode-se visualizar esta variação, obtendo muita informação útil sobre o fenômeno. O histograma é exatamente isto: uma representação gráfica que nos permite visualizar a distribuição característica de um fenômeno ou processo.

- Gráfico de Shewhart – Por volta de 1926, trabalhando nos Laboratórios Nell (EUA), Shewhart criou uma das mais fortes ferramentas para controlar processos e indicar oportunidades de melhorias nos mesmos: os gráficos de controle de Shewhart. Para se compreender melhor esta ferramenta, é preciso falar mais sobre variação. A capacidade das coisas variarem e formarem um padrão típico de variação, é uma das leis mais fundamentais da natureza: tudo varia, é impossível prever um resultado individual, contudo, um grupo de resultados, vindos do mesmo conjunto de causas, tende a ser previsível, seguindo uma certa distribuição; quando um conjunto de causas é perturbado por causas externas, a distribuição de resultados se altera.

- Gráfico de correlação – permite a avaliação da relação existente entre duas variáveis, parâmetros ou características de interesse. Como exemplo, pode ser citado o estudo da relação entre o peso de uma pessoa e sua altura. Se for obtido o peso e a altura de várias pessoas, o gráfico de correlação poderá representar em cada ponto uma pessoa. A característica altura é uma variável independente, pois a idéia

é obter o peso de uma pessoa dada sua altura. O peso é a variável dependente. À medida que os dados apresentem uma tendência, ou comportamento razoável previsível, pode-se dizer que as variáveis têm correlação. A tendência mais comum é o comportamento linear, ou seja, os pontos tendem a se alinharem e com isso pode-se imaginar uma reta que representa a correlação entre essas variáveis.

Nos anos 70, no Japão, começaram a serem desenvolvidas novas ferramentas da qualidade. Elas são sistemas e métodos de documentação usados para alcançar o sucesso do projeto pela identificação de objetos e etapas intermediárias nos mínimos detalhes: Diagrama de afinidade, Diagrama de inter-relação, Diagrama de árvore, Diagrama de matriz ou tábua da qualidade, Análise de dados de matriz, Gráfico de programa de decisão de processo (Process Decision Programme Chart) e Diagrama de flecha.

Descrivendo e aplicando as ferramentas da QUALIDADE

A norma NBR ISO 9004-4 preocupa-se com as ferramentas e técnicas mais comuns usadas para dar suporte na melhoria da qualidade, as quais servem para analisar dados numéricos e não-numéricos. Os formulários de coleta de dados são apresentados primeiro, uma vez que eles se aplicam a ambos os tipos de dados. As ferramentas para dados não-numéricos são apresentadas, seguidas pelas ferramentas para dados numéricos.

Obviamente recomenda-se a consulta à bibliografias pertinentes aos assuntos, ferramentas e técnicas por ela mencionada

Cada ferramenta ou técnica é apresentada na seguinte forma:

Aplicação: - O uso da ferramenta ou técnica na melhoria da qualidade.

Descrição: - Breve descrição sobre a ferramenta ou técnica.

Procedimento: - O procedimento passo a passo para a utilização da ferramenta ou técnica.

Exemplo: - Um exemplo da utilização da ferramenta ou técnica.

Ferramentas e técnicas de suporte

A.1 Formulário de coleta de dados

A.1.1 Aplicação

O formulário de coleta de dados é usado para coletar sistematicamente os dados para obter um quadro claro dos fatos.

Descrição

O formulário serve de modelo para a coleta e o registro de dados. Ele promove a coleta de dados de maneira consistente, facilitando a sua análise.

A.1.3 Procedimento

- Determinar o objetivo específico para a coleta destes dados (as questões a serem dirigidas).
- Identificar os dados requeridos para atingir o objetivo (dirigir as questões).
- Determinar como os dados serão analisados e por quem (ferramentas estatísticas).
- Elaborar um formulário para registrar os dados. Prover espaço para registrar as informações sobre - quem coletou os dados; - onde, quando e como os dados foram coletados.
- Testar previamente o formulário, coletando e registrando alguns dados.
- Analisar criticamente e corrigir o formulário, se necessário.

A.1.4 Exemplo

O número de defeitos de cada tipo na reprodução, atribuíveis a cada causa pode ser coletado no formulário da tabela A.1.

A.2 Diagrama de afinidade

A.2.1 Aplicação

O diagrama de afinidade é usado para organizar em grupos um grande número de idéias, opiniões, ou preocupações relativas a determinado tópico.

Descrição

Quando se coleta um grande número de idéias, opiniões e outras preocupações relativas a determinado tópico, esta ferramenta organiza a informação em grupos, baseados numa relação natural que existe entre elas. O processo se destina a estimular a criatividade e a participação total. Ele funciona melhor com grupos de tamanho limitado (é recomendado, no máximo, oito participantes), onde as pessoas estão acostumadas a trabalhar juntas. Esta ferramenta é usada freqüentemente para organizar as idéias geradas por brainstorming.

A.2.2 Procedimento

- Estabelecer, em termos amplos, o tópico a ser estudado (detalhes podem prejudicar a resposta).
- Registrar em cartões o maior número possível de idéias, opiniões e preocupações individuais (um tópico por cartão).
- Misturar os cartões, espalhando-os de forma aleatória.
- Agrupar os cartões relacionados, como segue:
 - classificar os cartões que aparentemente são relacionados, em grupos;
 - limitar em dez o número de grupos sem forçar a aglutinação de grupos constituídos de um único cartão em grupos maiores;

- localizar ou criar um cartão-guia que resuma os conceitos de cada grupo;
 - colocar o cartão-guia em cima dos demais.
- e) Transferir as informações dos cartões para relatórios, organizadas por grupos.

A.2.3 Exemplo

Requisitos para uma secretária eletrônica são mostrados na figura A.1 e tabela A.2

Causas dos efeitos	Páginas faltantes	Cópias borradas	Cópias não nítidas	Páginas fora de seqüência	Totais
Máquinas emperradas					
Umidade					
Toner					
Condições das originais					
Outros (especificar)					
				TOTAL	
Responsável pela coleta de dados					
Data :					
Onde :					
Como :					

Figura A.1 - Exposição eletrônica conforme etapa c) de A.2.2

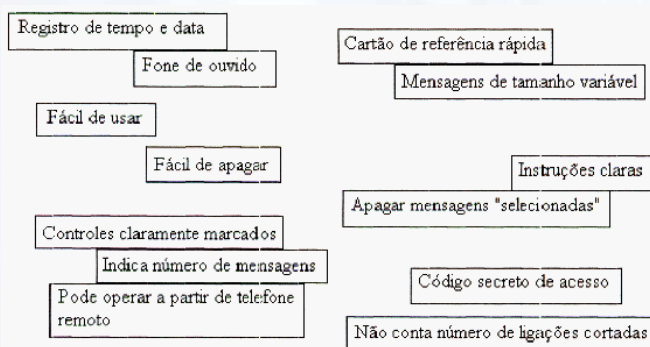


Tabela A.2 - Dados organizados por grupos conforme etapa c) de A.2.2

A.3 Benchmarking

A.3.1 Aplicação

Benchmarking é usado para comparar um processo com os de líderes reconhecidos, para identificar as oportunidades para a melhoria da qualidade.

A.3.2 Descrição

O Benchmarking compara os processos e o desempenho de produtos e serviços com os de líderes reconhecidos, permitindo identificar as metas e estabelecer prioridades para a preparação de planos que resultarão em vantagem competitiva no mercado.

A.3.3 Procedimento

- a) Determinar os itens para benchmark:
- os itens devem ser as características chaves de processos e suas saídas;
 - as saídas do processo de benchmarking devem

estar diretamente relacionadas às necessidades do cliente.

- b) Determinar em relação a quem será estabelecido o benchmark:

- organizações típicas podem ser competidores diretos e/ou não competidores reconhecidamente líderes no item de interesse.

- c) Coletar dados:

- dados sobre o desempenho de processos e necessidades de clientes podem ser obtidos através de contatos diretos, vistorias, entrevistas, contatos pessoais e profissionais e periódicos técnicos.

- d) Organizar e analisar os dados:

- a análise é dirigida no sentido de estabelecer os melhores objetivos práticos para atingir todos os itens relevantes.

- e) Estabelecer os *benchmarks*:

- identificar as oportunidades para a melhoria da qualidade baseada em necessidades de clientes e no desempenho de competidores e não-competidores.

A.4 Brainstorming

A.4.1 Aplicação

Brainstorming é usado para identificar possíveis soluções para problemas e oportunidades em potencial para a melhoria da qualidade.

A.4.2 Descrição

Brainstorming é uma técnica de estimulação da criatividade de uma equipe, para gerar e esclarecer uma série de idéias, problemas ou questões.

A.4.3 Procedimento

Há duas fases envolvidas:

- a) Fase de geração

O facilitador repassa as diretrizes e o objetivo da sessão de *brainstorming* e os membros da equipe elaboram uma relação das idéias. O objetivo é gerar o maior número possível de idéias.

- b) Fase de esclarecimento

A equipe analisa a lista de idéias para certificar-se que cada um entendeu todas as idéias. A avaliação destas idéias será feita depois de terminada a sessão de *brainstorming*.

As diretrizes para *brainstorming* incluem:

- identificar o facilitador;
- estabelecer claramente o objetivo do *brainstorming*;
- seqüencialmente, cada membro da equipe apresenta uma única idéia por vez;
- quando possível, membros da equipe trabalham sobre as idéias dos outros membros;
- neste estágio, as idéias não são criticadas, nem discutidas;
- as idéias são registradas onde todos os membros da equipe possam vê-las;

- o processo continua até que não haja mais geração de idéias;
- ao final, todas as idéias são criticadas para maior esclarecimento.

A.5 Diagrama de causa e efeito

A.5.1 Aplicação

Um diagrama de causa e efeito é usado para:

- analisar relações de causa e efeito.
- comunicar relações de causa e efeito.
- facilitar a resolução de problemas do sintoma para a causa, até a solução.

A.5.2 Descrição

O diagrama de causa e efeito é uma ferramenta usada para analisar criteriosamente e expor as relações entre um determinado efeito (como por exemplo variações de uma característica da qualidade) e suas causas potenciais. As várias causas em potencial são organizadas em categorias principais e subcategorias, de maneira que seu formato se assemelhe a um esqueleto de peixe. Daí, ser conhecido também como Diagrama Espinha-de-Peixe.

A.5.3 Procedimento

- Definir o efeito de maneira clara e concisa.
- Definir as categorias principais de possíveis causas.

- Dados e sistemas de informação
- Meio ambiente
- Máquinas
- Materiais
- Medidas
- Métodos
- Mão-de-obra

c) Iniciar a elaboração do diagrama, definindo o efeito num retângulo no lado direito, colocando as categorias principais como alimentadores do retângulo do efeito. (ver figura A.2)

d) Desenvolver o diagrama através de uma análise criteriosa escrevendo as causas segundo seus níveis num procedimento que obedece a uma ordem crescente de níveis. Um diagrama bem desenvolvido não deve ter menos de dois níveis de ramificações, e muitos terão três ou mais níveis. (ver figura A.3).

Os fatores a serem considerados incluem:

e) Selecionar e identificar um pequeno número de causas (três a cinco) de níveis mais elevados, que provavelmente exercem uma grande influência sobre o efeito e que requerem mais ações, tais como, coleta de dados, controle de esforços, etc.

NOTAS

1 Um método alternativo para elaborar o diagrama de causa e efeito é realizar brainstorming de todas

as possíveis causas e organizá-las em categorias e subcategorias, usando um diagrama de afinidade.

2 Em certos casos, pode ser vantajoso relacionar as principais etapas de um processo como categorias principais, por exemplo quando o fluxo de um processo é o efeito considerado para a melhoria. Frequentemente é usado um Diagrama de Fluxo na definição destas etapas.

3 Depois de elaborado, o diagrama pode se tornar uma ferramenta viva, introduzindo mais refinamento na medida em que se ganha mais conhecimento e experiência

4 O diagrama é elaborado frequentemente por grupos, mas o trabalho pode ser feito por um indivíduo com bastante conhecimento e prática do processo.

A.5.4 Exemplo

A figura A.4 mostra um diagrama de causa e efeito para uma fotocópia de má qualidade.

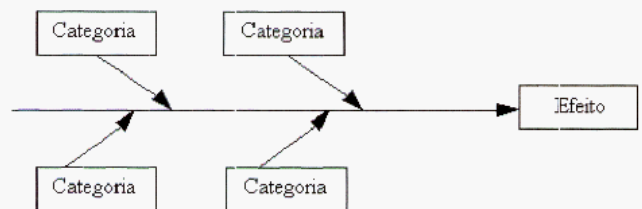


Figura A.2 - Diagrama inicial de causa e efeito

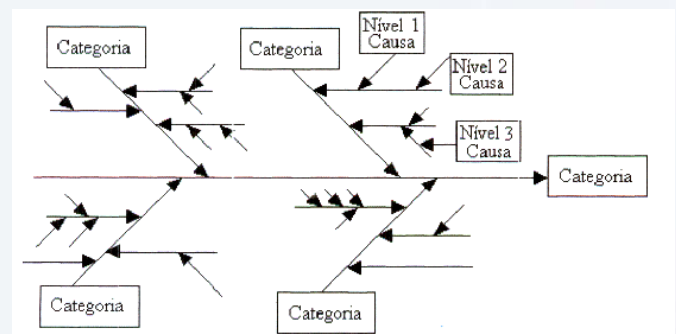


Figura A.3 - Desenvolvimento do diagrama de causa e efeito

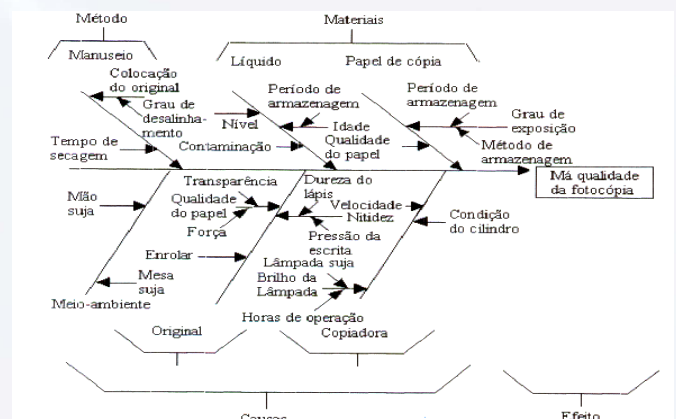


Figura A.4 - Exemplo de um diagrama de causa e efeito

A.6 Diagrama de fluxo

A.6.1 Aplicação

O diagrama de fluxo é usado para :

- descrever um processo existente, ou
- projetar um novo processo.

A.6.2 Descrição

Um diagrama de fluxo é uma representação gráfica das etapas de um processo, mostrando-se bastante útil na investigação de oportunidades para a melhoria para obtenção de um entendimento detalhado de como o processo realmente funciona. Ao examinar o modo como as várias etapas do processo se relacionam umas com as outras, pode-se descobrir fontes potenciais de problemas. Os diagramas de fluxo aplicam-se a todos os aspectos de qualquer processo, desde o fluxo de materiais até a realização de uma venda ou a assistência técnica de um produto.

Os diagramas de fluxo são elaborados com símbolos facilmente identificáveis. Os símbolos comumente usados estão representados na figura A.5.

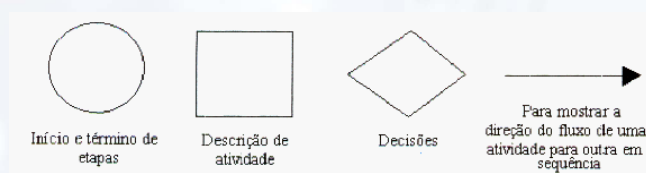


Figura A.5 - Símbolos do diagrama de fluxo

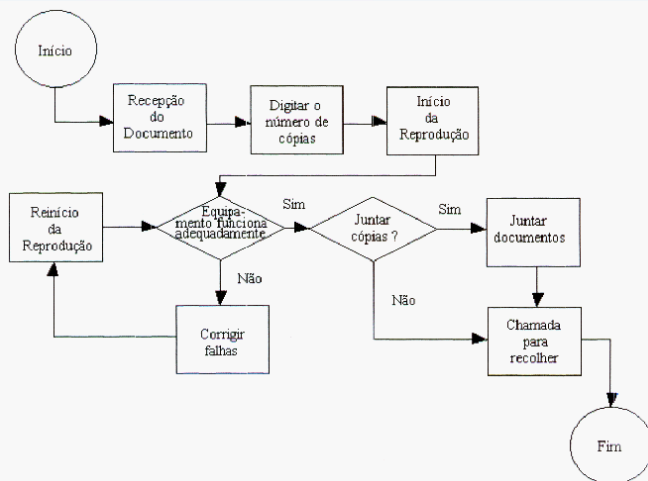


figura A.6 - Exemplo de um diagrama de fluxo

A.6.3 Procedimento

A.6.3.1 Descrição de um processo existente

- Identificar o início e o fim do processo.
- Observar todo o processo, do princípio ao fim.
- Definir as etapas no processo (atividades, deci-

sões, entradas e saídas).

- Elaborar um rascunho do diagrama de fluxo para representar o processo.
- Analisar criticamente o rascunho do diagrama de fluxo com as pessoas envolvidas no processo.
- Melhorar o diagrama de fluxo baseado nesta análise crítica.
- Verificar o diagrama de fluxo com o processo real.
- Datar o diagrama de fluxo para futuras referências e utilizações. (Ele funciona como registro de como o processo realmente opera e pode ser usado também para identificar as oportunidades para a melhoria).

A.6.3.2 Elaboração de um novo processo

- Identificar o início e o fim do processo.
- Visualizar as etapas a serem realizadas no processo (atividades, decisões, entradas e saídas).
- Definir as etapas do processo (atividades, decisões, entradas e saídas).
- Elaborar um rascunho do diagrama de fluxo para representar o processo.
- Analisar criticamente o diagrama de fluxo com as pessoas que se espera ser envolvidas no processo.
- Melhorar o diagrama de fluxo baseado nesta análise crítica.
- Datar o diagrama para futuras referências e utilizações. (Ele serve como registro de como o processo foi projetado para operar e pode também ser usado para identificar as oportunidades de melhoria para o projeto.)

A.6.4 Exemplo

O diagrama de fluxo mostrado na figura A.6 representa o processo de reprodução de um documento.

A.7 Diagrama de árvore

A.7.1 Aplicação

Um diagrama de árvore é usado para mostrar o relacionamento entre um tópico e os seus elementos componentes.

A.7.2 Descrição

Um diagrama de árvore divide sistematicamente um tópico em elementos componentes. As idéias geradas no *brainstorming* e representadas ou agrupadas num diagrama de afinidade podem ser convertidas num diagrama de árvore para mostrar os elos lógicos e seqüenciais. Pode ser usado para o planejamento e a solução de problemas.

A.7.3 Procedimento

- Estabelecer com clareza e simplicidade o tópico a ser estudado.
- Definir as principais categorias do tópico. (Usar brains-

- torming ou os cartões-guias do diagrama de afinidade).
 c) Elaborar o diagrama, colocando o tópico num retângulo do lado esquerdo. Ramificar as principais categorias lateralmente à direita.
 d) Para cada categoria principal, definir os elementos componentes e quaisquer subelementos.
 e) Ramificar lateralmente à direita os elementos componentes e os subelementos para cada categoria principal.
 f) Analisar criticamente o diagrama para certificar-se de que não há lacunas na lógica ou na seqüência.

A.7.4 Exemplo

O diagrama de árvore mostrado na figura A.7 representa uma secretária eletrônica.

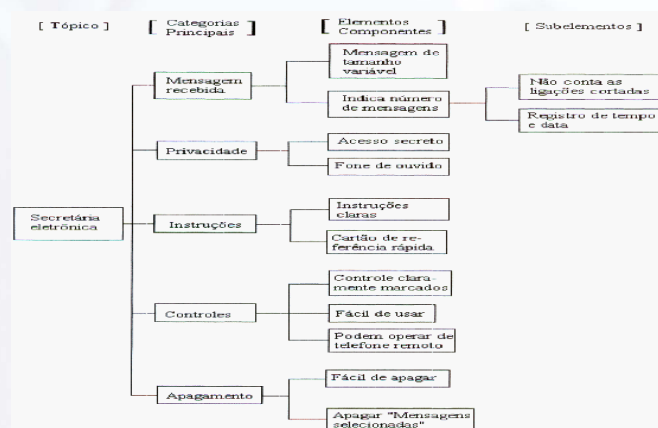


Figura A.7 - Exemplo de um diagrama de árvore

A.8 Gráfico de controle

A.8.1 Aplicação

O gráfico de controle é usado para os seguintes propósitos:

- Diagnóstico: avaliar a estabilidade do processo.
- Controle: determinar quando um processo necessita ser ajustado e quando necessita ser mantido como está.
- Confirmação: confirmar uma melhoria de um processo.

A.8.2 Descrição

O gráfico de controle é uma ferramenta para distinguir variações devidas a causas assinaláveis ou especiais de variações casuais inerentes ao processo. As variações casuais repetem-se aleatoriamente dentro de limites previsíveis. As variações decorrentes de causas assinaláveis ou especiais indicam a necessidade de identificar, investigar e colocar sob controle alguns fatores que afetam o processo.

A elaboração de gráficos de controle é baseada em cálculos estatísticos. Os gráficos de controle usam dados operacionais para estabelecer os limites dentro dos quais futuras observações são esperadas se o processo permanecer não afetado por causas assinaláveis ou especiais. Para maiores informações sobre gráficos de controle, consulte as nor-

mas ISO apropriadas (por exemplo, ISO 7870, ISO 8258, ver anexo B.)

Existe uma grande variedade de gráficos de controle aplicáveis a todos os tipos de características mensuráveis e contáveis de um processo, produto ou qualquer saída. A organização deve obter um treinamento apropriado e desenvolver uma experiência suficiente para elaborar e aplicar os gráficos de controle.

A.8.3 Procedimento

- Selecionar a característica para a aplicação do gráfico de controle.
- Selecionar o tipo apropriado de gráfico de controle.
- Decidir sobre o subgrupo (uma pequena quantidade de itens dentro dos quais se supõe que as variações são devidas unicamente ao acaso), seu tamanho e a frequência de amostragem de subgrupos.

A.8.4 Exemplo

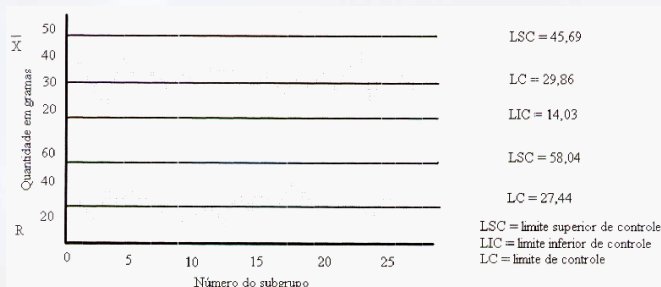
- Coletar e registrar dados de, no mínimo, 20 a 25 sub-grupos, ou usar dados previamente registrados.
- Calcular os parâmetros estatísticos que caracterizam cada subgrupo amostrado.
- Calcular os limites de controle, baseando-se nos parâmetros estatísticos dos subgrupos amostrados.
- Elaborar um gráfico e representar os dados estatísticos do subgrupo.
- Examinar o gráfico para identificar pontos fora dos limites de controle e padrões que indiquem presença de causas assinaláveis (especiais).
- Decidir sobre ações futuras.

Os dados da tabela A.3 são plotados para dar o gráfico de controle mostrado na figura A.8.

Subgrupo Nº	X1	X2	X3	X4	X5	X	X	R
1	47	32	44	35	20	178	35,6	27
2	19	37	31	25	34	146	29,2	18
3	19	11	16	11	44	101	20,2	33
4	29	29	42	59	25	197	39,4	30
5	28	12	45	36	25	146	29,2	33
6	40	35	11	38	33	157	31,4	29
7	15	30	12	33	26	116	23,2	21
8	35	44	32	11	38	160	32,0	33
9	27	37	26	20	35	145	29,0	17
10	23	45	26	37	32	163	22,6	22
11	28	44	40	31	18	161	32,2	26
12	31	25	24	32	22	134	26,6	10
13	25	37	19	47	14	139	27,8	33
14	27	32	12	38	30	149	29,8	26
15	25	40	24	50	19	158	31,6	31
16	7	31	23	18	32	111	22,2	25
17	38	0	41	40	37	156	31,2	41
18	35	12	29	48	20	144	28,8	36
19	31	20	35	24	47	157	31,4	27
20	12	27	38	40	31	148	29,6	28
21	52	42	52	14	25	195	39,0	28
22	20	31	15	3	28	97	19,4	28
23	29	47	41	32	22	171	34,2	25
24	28	27	22	32	54	163	32,6	32
25	42	34	15	29	21	141	28,2	27
						Total	746,6	686
						Média X= 29,88		
						R= 27,44		

Valores em gramas

Tabela A.3 - Dados de sobrecarga e estatística da amostra



A.9 Histograma

A.9.1 Aplicação

Um histograma é usado para:

- apresentar o padrão de variação;
- comunicar visualmente a informação sobre o comportamento do processo;
- decidir onde devem ser concentrados os esforços para a melhoria.

A.9.2 Descrição

Os dados são apresentados como uma série de retângulos que têm a mesma largura, mas altura variável. A largura representa um intervalo dentro da faixa de valores dos dados. A altura representa o número de valores de dados dentro de um intervalo especificado. A forma de variação das alturas mostra a distribuição dos valores dos dados.

A figura A.9 mostra quatro formas de variações que ocorrem comumente. Um exame destas formas de variações pode fornecer uma informação sobre o comportamento do processo.

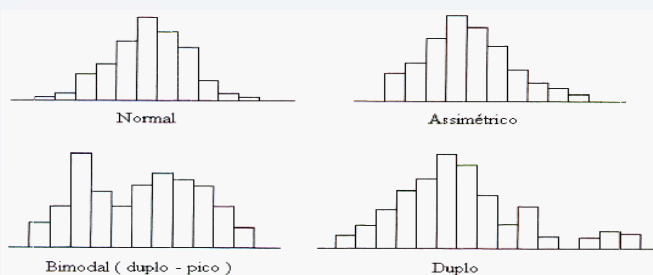


Figura A.9 - Padrões comuns de histogramas

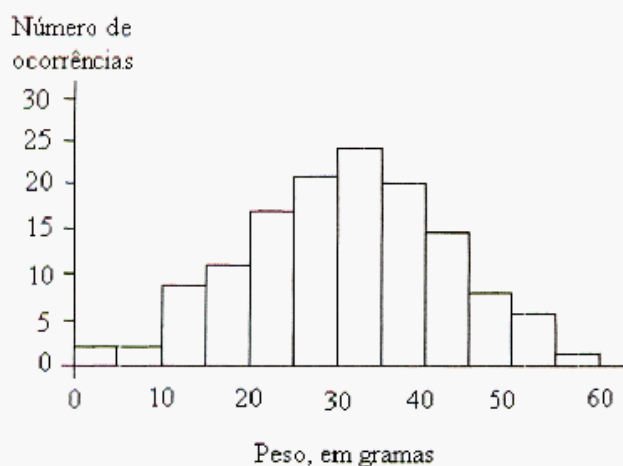


Figura A.10 - Exemplo de um histograma

A.9.3 Procedimento

- Coletar os valores dos dados.
- Determinar a faixa de valores dos dados, subtraindo o dado de valor mais baixo do de valor mais alto.
- Determinar o número de intervalos no histograma (geralmente entre 6 e 12) e dividir a faixa (etapa b) pelo número de intervalos para determinar a largura de cada intervalo.
- Marcar o eixo horizontal com a escala de valores dos dados.
- Marcar o eixo vertical com a escala de frequência (número ou porcentagem de observações).
- Traçar a altura de cada intervalo, correspondendo ao número de valores dos dados incluídos neste intervalo.

A.9.4 Exemplo

O histograma mostrado na figura A.10 representa os dados relativos à sobrecarga para o exemplo do gráfico de controle.

NOTA - É possível projetar um formulário de coleta de dados em que o histograma é gerado na medida em que os dados são coletados. Este formulário é freqüentemente chamado de folha de registro.

A.10 Diagrama de Pareto

A.10.1 Aplicação

- Um diagrama de Pareto é usado para mostrar, por ordem de importância, a contribuição de cada item para o efeito total;
- Classificar oportunidades para a melhoria.

A.10.2 Descrição

Diagrama de Pareto é uma técnica gráfica simples para a classificação de itens desde o mais ao menos freqüente. O Diagrama de Pareto é baseado no princípio de Pareto que declara que muitas vezes apenas alguns itens são responsáveis pela maior parte do efeito. Ao distinguir os itens mais importantes dos menos importantes, maior melhoria será obtida com menor esforço.

O Diagrama de Pareto mostra, em ordem decrescente, a contribuição relativa a cada item sobre o efeito total. A contribuição relativa pode ser baseada no número de ocorrências, no custo associado a cada item, ou em outras medidas de impacto sobre o efeito total. São usados blocos para mostrar a contribuição relativa de cada item. Uma linha de frequência cumulativa é usada para mostrar a contribuição cumulativa dos itens.

A.10.3 Procedimento

- Selecionar os itens a serem analisados.
- Selecionar a unidade de medição para a análise,

tais como: o número de ocorrências, custos ou outra medida de impacto.

c) Escolher o período de tempo destinado à análise dos dados.

d) Listar os itens da esquerda para a direita no eixo horizontal, em ordem de grandeza decrescente da unidade de medição. As categorias que contêm o menor número de itens podem ser agrupadas numa outra categoria. Posicionar esta categoria no lado extremo direito.

e) Fazer dois eixos verticais, um em cada extremidade do eixo horizontal. A escala do lado esquerdo deve ser calibrada na unidade de medição e sua altura deve ser igual à soma das magnitudes de todos os itens. A escala do lado direito tem que possuir a mesma altura e é calibrada de 0% a 100%.

f) Desenhar um retângulo acima de cada item, cuja altura representa a magnitude da unidade de medição para este item.

g) Construir a linha de frequência cumulativa, somando as magnitudes de cada item da esquerda para a direita (ver figura A.11).

h) Usar o Digrama de Pareto para identificar os itens mais importantes para a melhoria da qualidade.

A.10.4 Exemplo

A figura A.11 representa um Diagrama de Pareto para relatórios de problemas com telefone.

A.11 Diagrama de dispersão

A.11.1 Aplicação

Um diagrama de dispersão é usado para descobrir e mostrar relações entre dois conjuntos de dados associados e para confirmar relações antecipadas entre dois conjuntos de dados associados.

A.11.2 Descrição

Um diagrama de dispersão é uma técnica gráfica destinada a estudar relações existentes entre dois conjuntos de dados associados que ocorrem aos pares (por exemplo (x,y) , um de cada conjunto). O diagrama de dispersão mostra os pares como uma nuvem de pontos. Relações entre os conjuntos de dados associados são inferidas a partir do formato das nuvens. Uma relação positiva entre x e y significa que os valores crescentes de x estão associados aos valores crescentes de y . Uma relação negativa significa que os valores crescentes de x estão associados aos valores decrescentes de y .

Seis formatos de nuvens que ocorrem comumente são mostrados na figura A.12. Examinando-se estes formatos é possível perceber as relações entre estes conjuntos de dados.

A.11.3 Procedimento

a) Coletar os pares de dados (x,y) , de dois conjuntos associados de dados cuja relação será estudada. É desejável ter aproximadamente 30 pares de dados.

b) Designar os eixos x e y .

c) Encontrar os valores mínimos e máximos dos dois eixos x e y , e usar estes valores para determinar as escalas dos eixos horizontal (x) e vertical (y). Ambos os eixos devem ter aproximadamente o mesmo comprimento.

d) Marcar os pares de dados (x,y) . Quando dois pares de dados têm o mesmo valor, riscar círculos concêntricos em volta do ponto marcado ou marcar o segundo ponto próximo.

e) Examinar o formato da nuvem de pontos para descobrir o tipo e a intensidade de relação.

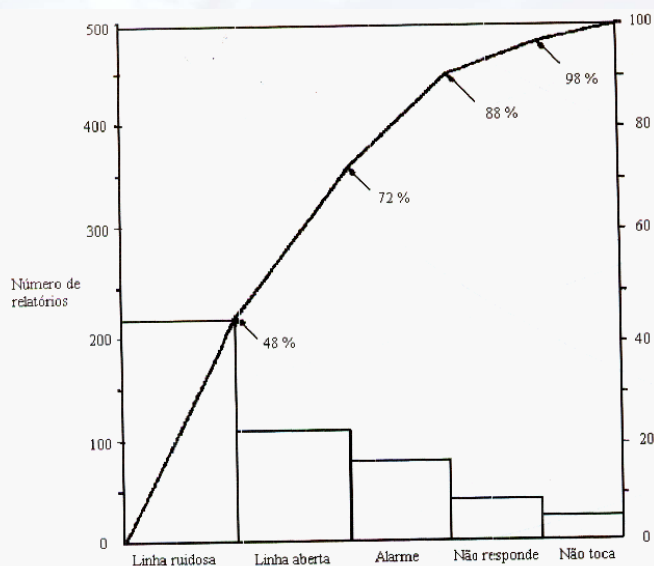
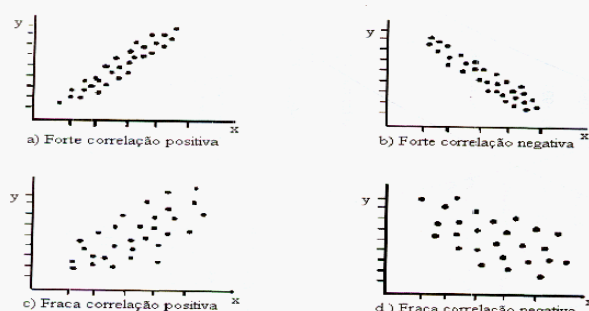


Figura A.11 - Exemplo de um diagrama de Pareto

NOTA - O diagrama acima mostra que as linhas barulhentas e linhas abertas são responsáveis por 72 % de relatórios referentes a problemas de telefones e que estas indicam as maiores oportunidades para a melhoria.

A.11.4 Exemplo

Dados para a quantidade de um aditivo e o rendimento resultante são dados na tabela 4. O diagrama de dispersão plotado a partir destes dados é mostrado na figura A.13.



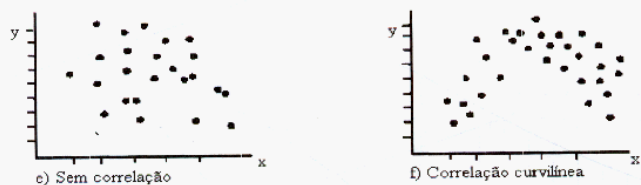


Figura A.12 - Diagramas de dispersão que ocorrem comumente

Lote Nº	Aditivo "A" (Gramas)	Rendimento (%)	Lote Nº	Aditivo "A" (Gramas)	Rendimento (%)
1	8,7	88,7	16	8,4	89,4
2	9,2	91,1	17	8,2	86,4
3	8,6	91,2	18	9,2	92,2
4	9,2	89,5	19	8,7	90,9
5	8,7	89,6	20	9,4	90,5
6	8,7	89,2	21	8,7	89,6
7	8,5	87,7	22	8,3	88,1
8	9,2	88,5	23	8,9	90,8
9	8,5	86,6	24	8,9	88,6
10	8,3	89,6	25	9,3	92,8
11	8,6	88,9	26	8,7	87,2
12	8,9	88,4	27	9,1	92,5
13	8,8	87,4	28	8,7	91,2
14	8,4	87,4	29	8,7	88,2
15	8,8	89,1	30	8,9	90,4

Tabela A.4 - Quantidade do aditivo A e o rendimento associado, em porcentagem

Diagrama de dispersão do aditivo A em gramas e o rendimento em porcentagem

NOTA - Este diagrama de dispersão mostra uma fraca correlação positiva entre a quantidade do aditivo A e o rendimento resultante.

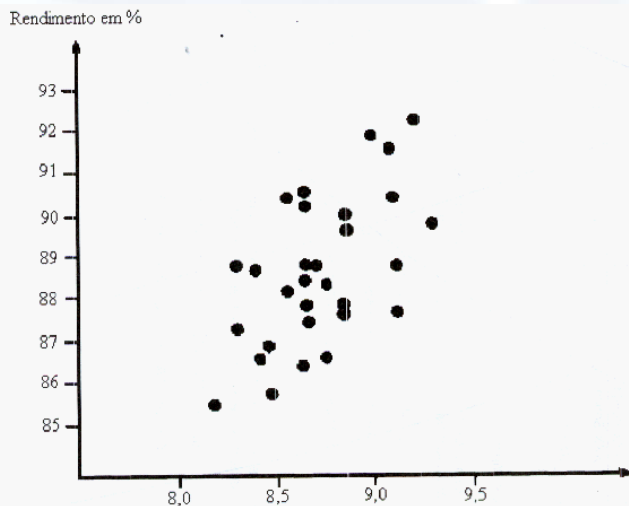


Figura A.13 - Exemplo de um diagrama de dispersão