

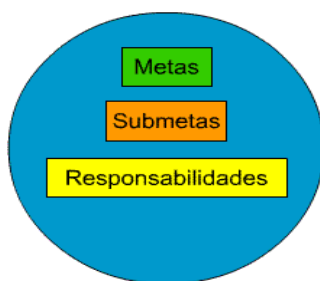
UNIDADE 1 – CONTROLE DE PROCESSO

MÓDULO 1 – SISTEMAS DE REALIMENTAÇÃO

01

1 - TIPOS DE REALIMENTAÇÃO

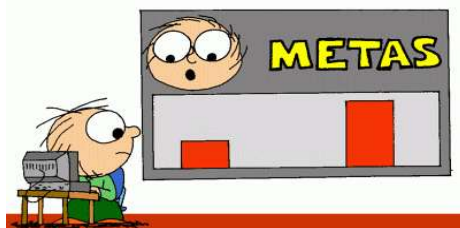
Todas as tarefas realizadas em uma empresa são beneficiadas com a implantação de sistemas. Um sistema trivial é composto de: metas, submetas e responsabilidades.



Essa estrutura simples facilita a realização de um determinado trabalho. Quando os projetos são mais complexos exigem sistemas que lhes assegurem o sucesso. Existem propriedades comuns a quase todos os sistemas eficazes. Um sistema de realimentação é eficaz porque informa às pessoas como elas estão desenvolvendo suas tarefas.

02

Muitas vezes as pessoas não têm uma informação exata de como estão executando suas atividades. O sistema de realimentação informa às pessoas o nível de seu desempenho no momento e compara este nível com as metas a serem atingidas. Informa também a melhor maneira de atingi-las e conseguir um maior rendimento. Existem vários sistemas de realimentação: sistemas de contabilidade, sistemas de controle de administração, sistemas de informações, etc.

**03**

Alguns sistemas de realimentação criam fortes ressentimentos nos funcionários. São os sistemas de apuração de responsabilidade, controle de administração, auditoria de desempenho e outros. Tais sistemas devem ser acompanhados com cuidado, pois podem até mesmo reduzir a produtividade. A realimentação de informações exatas é de muita importância, entretanto a maneira como realizá-la é polêmica.



04

Os sistemas negativos usam as informações para criticar, controlar ou descobrir falhas dos funcionários. Isto causa ressentimento. O sistema positivo, ao contrário, utiliza a informação para ajudar os funcionários a melhorar, a organizar e simplificar o seu trabalho. No sistema positivo as informações chegam rapidamente ao funcionário, ajudando-o a evitar dificuldades, ao passo que o sistema negativo envia dados para outras pessoas. Isto resulta em críticas e em descobrir erros passados.



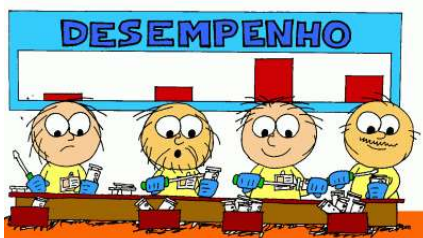
05

Existem dois tipos de realimentação: de frequência e de eventos.

A realimentação de frequência destina-se às tarefas repetitivas. Neste sistema simplesmente é anotada a ocorrência do fato que está sendo monitorado.

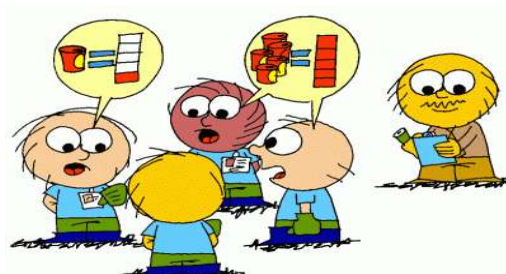


A lei de Gilg diz que: Qualquer coisa que seja preciso quantificar pode ser medida de algum modo que é superior a não medir nada. Os números gerados fornecerão meios para os funcionários sintonizarem seus próprios desempenhos.



06

O grupo terá também um modo para aprender com métodos alheios. As médias computadas pelo grupo darão ao gerente um indicador confiável do efeito de tais parâmetros sobre a melhoria no ambiente de trabalho. Um grupo de pessoas que fazem trabalhos similares é convocado para criar um esquema sensível de automedição. Se lhe for dado tempo hábil para esta criação, ele irá apresentar algo que confirma a lei de Gilg.



07

2 - MEDIÇÃO DO TRABALHO

A medição do trabalho deve ser usada para:

- aperfeiçoamento do método de trabalho;
- aumento da motivação;
- aumento da satisfação com o trabalho.

Infelizmente, esta medição do trabalho quase nunca é usada com estes propósitos. Os esquemas de medição tendem a se tornar ameaçadores e incômodos. O gerente deve ser sensível e seguro para se retirar do circuito do esquema de medição do trabalho.



08

A coleta de dados que possa comprometer um indivíduo só pode ser feita se ele tiver boa vontade e cooperar ativamente. Os dados coletados não podem ser usados contra uma pessoa que deu informações. Se o esquema não for confiável sofrerá uma interrupção brusca.

Quando as pessoas têm acesso aos dados, procurarão melhorar seus pontos fracos. Irão notar as áreas que sobressaem e especializar-se nelas. Em casos extremos, a pessoa pode até mesmo se demitir, para pôr fim à dependência de habilidades nas quais ela se convenceu ser deficiente.



09

A realimentação de evento é utilizada para controlar projetos que ocorrem apenas uma ou poucas vezes. Estes projetos têm muitas subtarefas interdependentes e requerem um sistema de realimentação diferente.

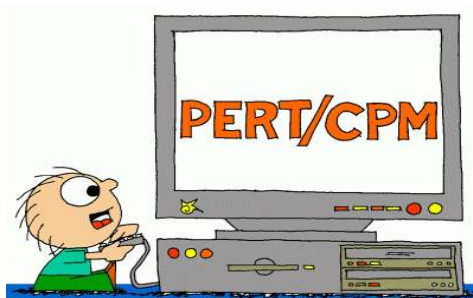
O sistema de controle de evento se baseia num princípio simples:

Um projeto complicado torna-se fácil quando é dividido em subtarefas e estabelecido o que fazer em cada uma delas.

De modo geral, a primeira fase de um sistema de evento constitui-se de: dividir o projeto global em subtarefas, relacionar as subtarefas no tempo e estimar as necessidades de mão de obra, custos, tempos e outros insumos de cada uma das subtarefas.

10

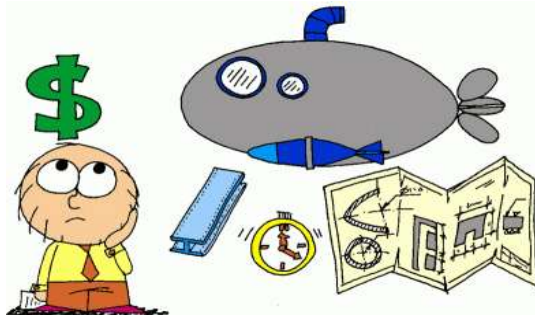
As estimativas feitas são usadas no decorrer do projeto. Por meio das estimativas, procedem-se várias modificações: se há excesso de emprego de mão de obra, se os custos estão sendo ultrapassados e se a implantação das subtarefas está demorando mais do que o previsto. A complexidade dos sistemas de evento depende dos tipos e números das subtarefas. Para projetos altamente sofisticados, usa-se o **PERT/CPM** (Program Evaluation Review Technique/Critical Path Method). É uma metodologia na qual se emprega o computador.



11

O PERT/CPM mostra a interdependência entre as subtarefas de um projeto. Enfatiza, também, quais as subtarefas que mais influenciam no tempo total da obra. O sistema de controle de evento mais famoso

é o da construção do POLARIS, submarino lançador de mísseis. Com ele, economiza-se, frequentemente, de 20 a 30% em tempo e/ou custo. Os gerentes são obrigados a pensar no projeto quando estimam para cada subtarefa: tempo, custo, material e mão de obra. Só este exame economiza cerca de 10% do tempo e dos custos de um projeto complexo.



12

RESUMO

Os sistemas de realimentação de processos são uma exigência para a obtenção de qualidade. Sua aplicação exige cuidados para que não prejudique a produtividade.

Os sistemas negativos usam as informações para criticar, controlar ou descobrir as falhas dos funcionários, o que causa ressentimentos.

Os sistemas positivos usam as informações para ajudar o funcionário a melhorar, organizar e simplificar o seu trabalho.

Existem dois tipos de realimentação: de frequência, para tarefas repetitivas, e de eventos, para projetos.

A lei de Gilg diz: Quando é necessário quantificar alguma coisa, qualquer forma de medi-la é superior a não se ter nenhuma medida. Grupos de pessoas que realizam um mesmo trabalho são chamados a criar um sistema de automedição, e as médias de grupo fornecem à gerência um indicador confiável.

A medição do trabalho deve ser usada para aperfeiçoamento do método de trabalho, aumento da motivação ou aumento da satisfação com o trabalho. Torna-se mais eficaz quando é utilizada como um instrumento de autoavaliação, em benefício do funcionário. Dados sobre as pessoas não são transmitidos ao gerente, apenas as médias do grupo.

A realimentação de evento é utilizada para controlar projetos que ocorrem apenas uma ou poucas vezes. A primeira fase de um sistema de controle de evento consiste em dividir o projeto global em subtarefas, relacionar as subtarefas no tempo e estimar as necessidades. As estimativas são ajustadas ao longo do projeto. Para projetos altamente sofisticados, usa-se o PERT/CPM que mostra a interdependência entre as subtarefas de um projeto.

UNIDADE 1 – CONTROLE DE PROCESSO**MÓDULO 2 – COLETA DE DADOS****01****1 - PROJETAR TABELAS**

Quando se pretende resolver um problema ou introduzir melhorias no trabalho é preciso levantar informações. Estas informações devem ser cuidadosamente colhidas, pois serão a base para todo o trabalho posterior. As informações são obtidas por meio da coleta de dados. Existe um instrumento extremamente simples e eficaz para coletar dados: uma tabela ou folha de verificação. Esta tabela consiste em formulário preparado para sistematizar a anotação de informações e registro de dados.

**02**

Essas tabelas devem ser projetadas de acordo com a situação em que serão utilizadas e dos dados a serem coletados. A tarefa de projetar tabelas requer muita imaginação. Os dados coletados constituem a base de todas as decisões. Assim, os dados têm de representar realmente os fatos em estudo. A análise desses dados e as ferramentas estatísticas devem ser utilizadas com propriedade.

Ao se coletar dados, é imprescindível que se responda a estas três perguntas:

Para que levantar dados?

Como serão utilizados?

O que se deseja provar?

Somente depois de obter essas respostas pode-se projetar a tabela. É necessário, também, registrar: o plano de amostragem, os instrumentos utilizados, o método, a data e nome de quem coletou. Mas muitas decisões tomadas diariamente baseiam-se em dados misturados, mesmo nos países do Primeiro Mundo.

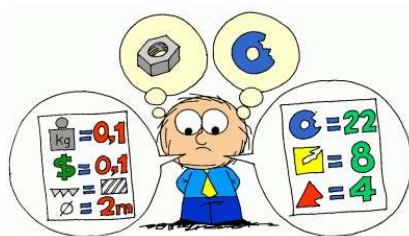
03

Para se comparar, por exemplo, o índice de repetência entre duas escolas, os dados devem ser tomados em separado. Uma regra básica é registrar a natureza dos dados, para evitar as conhecidas tabelas de números cujas origens e utilidade são logo esquecidas.

Os dados formam a base para as ações e as decisões. Eles variam em função das características da operação em estudo e podem ser classificados em:

a) dados contínuos: quando provenientes de medições como o peso de uma peça, o formato de uma folha de papel, o diâmetro de um cano, etc.

b) dados discretos: são aqueles que só ocorrem em números inteiros. Podem existir de zero a cem peças defeituosas em um lote de cem peças, mas não podem existir 4,53 peças defeituosas neste mesmo lote.



04

2 - LEVANTAMENTO DE DADOS

Dados contínuos: Os dados devem ser coletados de maneira a facilitar sua análise: calcular os grandes totais, as médias, os intervalos, etc.

Esta tabela foi utilizada na análise de um processo químico, no qual interessava conhecer as percentagens de impurezas, em diferentes horas do dia, no período de uma semana.

SEG				
TER				
QUA				
QUI				
SEX				
SAB				
DOM				

05

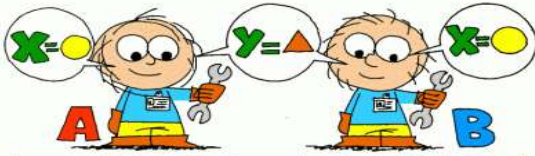
Quando preenchida, a tabela fica com a seguinte forma, no qual já foram calculados os totais e as percentagens. As flutuações ocorridas durante o dia podem ser vistas com facilidade.

SEG	10%	20%	70%	90%
TER	20%	5%	1%	90%
QUA	5%	10%	30%	50%
QUI	2%	1%	0%	75%
SEX	0%	3%	8%	45%
SAB	90%	70%	55%	95%
DOM	95%	30%	40%	10%

06

Dados discretos: A tabela a seguir mostra, por exemplo, a utilização de dados discretos.

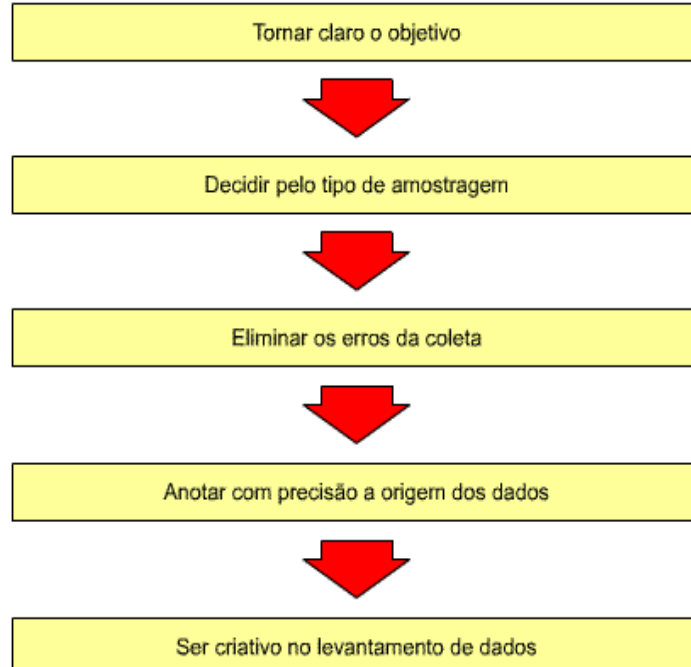
É a análise de uma operação de montagem. A e B são operadores, cada um com três máquinas (1,2,3), observando dois tipos de defeito (X e Y), no período de cinco dias. Cumpre observar que o preenchimento deste tipo de tabela, feito com marcas, obedece a um código para cada tipo de defeito.



	1	2	3	1	2	3
SEG	●▲	▲	▲	●	●▲	▲
TER	●	▲●	▲	▲	●	▲
QUA	●	●	▲	▲	●▲	▲
QUI	▲	●	●	▲●	●▲	●
SEX	●	▲●	▲	▲●	●	▲

07

Para se fazer um correto levantamento de dados, devem-se observar as seguintes regras:



Tornar claro o objetivo: Os dados levantados devem subsidiar alguma ação e não apenas serem arquivados.

Decidir pelo tipo de amostragem: Determinar o método de amostragem. Se o objetivo for investigar a percentagem de defeitos por dia será necessário: colher amostras de cada dia de produção, fazer a coleta por operador, no caso de vários operadores, decidir tipo de amostras, a periodicidade de coleta de amostras e o método a ser utilizado.

Eliminar os erros da coleta: É preciso ter certeza de que os dados foram obtidos com exatidão. Devem ser minimizados os erros de medição e contagem.

Anotar com precisão a origem dos dados: As análises posteriores serão impossíveis se a origem dos dados não for anotada. A data, os instrumentos usados, o método e o nome de quem coletou são imprescindíveis.

Ser criativo no levantamento de dados: É importante simplificar ao máximo a tabela, para se evitarem os erros.

08

RESUMO

Para se resolver um problema ou introduzir melhorias no trabalho, é preciso levantar informações, que serão a base para todo o trabalho. Essas informações são obtidas por meio da coleta de dados. O instrumento eficaz para coletar dados é a tabela ou folha de verificação, que deve ser projetada de acordo com a situação em que serão utilizadas e o tipo de dados a serem coletados.

Ao fazer a coleta, é necessário registrar: o plano de amostragem, o método e os instrumentos utilizados, a data e nome de quem coletou.

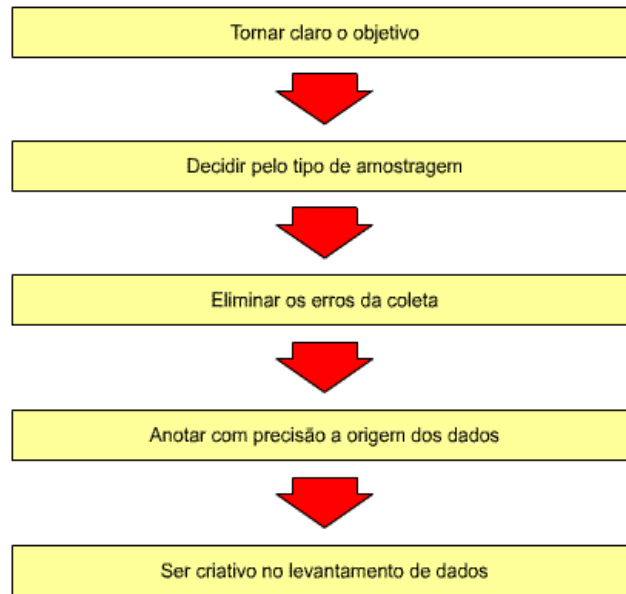
Os dados formam a base para ações e decisões, variam conforme as características da operação em estudo e podem ser classificados em:

- **dados contínuos:** provenientes de medições como o peso de uma peça, o formato de uma folha de papel, o diâmetro de um cano, etc.

- **dados discretos:** ocorrem em números inteiros. Podem existir de zero a cem peças defeituosas em um lote de cem peças, mas não podem existir 4,53 peças defeituosas neste mesmo lote.

09

Para se fazer um correto levantamento de dados, deve-se observar as seguintes regras:



UNIDADE 1 – CONTROLE DE PROCESSO

MÓDULO 3 – CONSTRUÇÃO DE HISTOGRAMAS

01

1 - REPRESENTAÇÃO DOS DADOS

Todos os dias, nas empresas espalhadas pelo mundo inteiro, coletam-se um sem-número de dados: peças defeituosas, peso de colheita, número de repetentes, etc. Muitas destas informações não são plenamente aproveitadas e são, às vezes, esquecidas. Isto acontece em razão de uma falta de representação visual dos dados.

Os dados são necessários para:

- obter-se as dimensões médias e o grau de dispersão;
- determinar a aceitação ou não de certo lote de mercadorias;
- avaliar se o processo da fabricação está sob controle;
- determinar a necessidade de tomada de ações.

As providências são tomadas em função dos dados identificados na amostra obtida.



02

Os produtos de uma mesma linha de produção geralmente variam um pouco entre si. Esta variação pode estar na dimensão, no peso ou em qualquer outra especificação. Se um relatório de medição de itens apresenta valores idênticos para cada item, existe algo de errado. O erro pode estar no aparelho de medição ou então os produtos nunca foram medidos. Um trajeto que alguém faz todos os dias para o trabalho dificilmente registrará o mesmo tempo.

Todos os conjuntos de dados possuem um menor ou maior grau de dispersão. Para se conhecer a qualidade de certo número de produtos utiliza-se a média e a variância.



Dispersão: Também chamada variabilidade, indica a maior ou menor diversificação dos valores de uma variável em torno de um valor de tendência central.

Média: Soma dos valores dividida pelo número total de observações, podendo ser considerada como um resumo da distribuição de frequências.

Variância: Variância, também conhecida como desvio quadrático médio, é uma representação da média das distâncias ao quadrado entre o conjunto de valores observado e o valor médio.

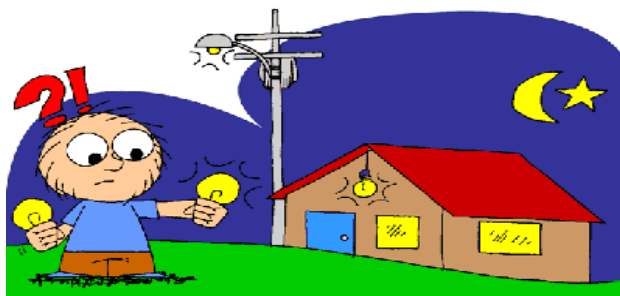
03

Quando se mede o número de horas de vida de cada lâmpada utilizada numa residência, verifica-se que esses valores são desiguais. Dificilmente duas lâmpadas têm as mesmas horas de duração, de vida.

Se as lâmpadas forem de boa qualidade, o valor médio de vida deve ser grande, e a variação entre os valores de vida dessas lâmpadas será pequena.

Se as lâmpadas forem de baixa qualidade, o valor médio de vida é baixo, e as variações entre elas é grande.

A média e a variância servem para definir a qualidade das lâmpadas, isto é, de um produto ou serviço.



04

Consideremos as medidas dos diâmetros de pistões desta tabela. É impossível visualizar estes dados como um todo. Os olhos concentram-se nas medidas individuais. É necessário que se estude muito a tabela para se ter uma ideia geral da situação.

55.1	56.0	55.7	55.4	55.5	55.9	55.7	55.4
55.1	55.8	55.3	55.4	55.5	55.5	55.2	55.8
55.6	55.7	56.1	55.6	55.6	55.7	55.3	55.5
55.0	55.6	55.4	55.9	55.2	56.0	55.7	55.6
55.9	55.8	55.6	55.4	56.1	55.7	55.8	55.3
55.6	56.0	55.8	55.7	55.5	56.0	55.3	55.7
55.9	55.4	55.9	55.5	55.8	55.5	56.2	55.2

Ao olhar esta tabela, procure responder: Qual é o valor da média? Qual é o maior diâmetro? Qual é o menor diâmetro? Qual a faixa de variação dos valores? Se a especificação da média é de 55,0 mm, com uma variação máxima de 1,0 mm para cada lado, o processo está bom?

A maioria das pessoas não tem condições de responder a estas perguntas rapidamente, mas somente após algum estudo destes dados.

06

Entretanto, se essas medições forem ordenadas do menor para o maior valor, perguntas como as que se seguem serão facilmente respondidas. Qual o valor da média? O maior valor? O menor valor? Qual a faixa de variação dos dados?

55.0	55.1	55.1	55.2	55.2	55.2	55.3	55.3
55.3	55.3	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4
55.5	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5	55.6
55.6	55.6	55.6	55.6	55.6	55.6	55.7	55.7
55.7	55.7	55.7	55.7	55.7	55.7	55.8	55.8
55.8	55.8	55.8	55.8	55.9	55.9	55.9	55.9
55.9	56.0	56.0	56.0	56.0	56.1	56.1	56.2

Após um breve exame visual, pode-se observar que: O valor menor é 55,0 mm. O valor maior é 56,2 mm. A faixa entre as duas medidas é 1,2 mm. A média deve estar na ordem de 55,6 e 55,7 mm. O

processo desobedece à especificação, por que existem medidas maiores do que 56,0 mm, o maior valor admissível.

07

2 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA

O meio mais simples de representar os dados é a tabulação. Coloca-se uma marca de tabulação ao lado de cada valor encontrado na tabela. Os totais formam a distribuição de frequência. A tabela ao lado é uma tabela de distribuição de frequência. Esta tabela corresponde aos dados da tabela anterior, sendo uma representação da mesma.

DADOS	TABULAÇÃO								F
55.0	/								1
55.1	/	/							2
55.2	/	/	/						3
55.3	/	/	/	/					4
55.4	/	/	/	/	/	/			6
55.5	/	/	/	/	/	/	/		7
55.6	/	/	/	/	/	/	/	/	7
55.7	/	/	/	/	/	/	/	/	8
55.8	/	/	/	/	/	/			6
55.9	/	/	/	/	/				5
56.0	/	/	/	/					4
56.1	/	/							2
56.2	/								1
TOTAL									56

08

Todas as tabelas até aqui apresentadas contêm a mesma quantidade de informações. A tabela de distribuição de frequências apresenta uma visualização melhor do valor da média, da variância e da amplitude.

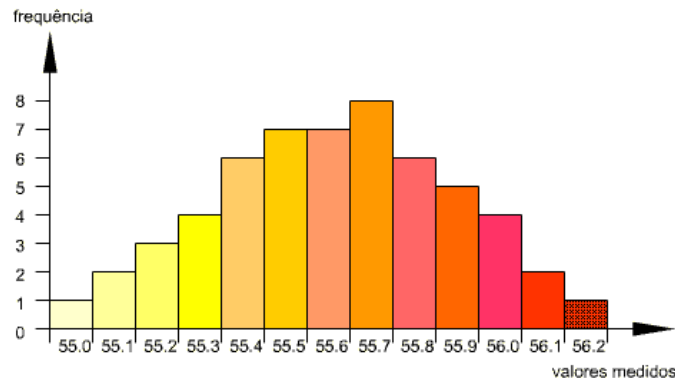
DADOS	TABULAÇÃO								F
55.0	/								1
55.1	/	/							2
55.2	/	/	/						3
55.3	/	/	/	/					4
55.4	/	/	/	/	/	/			6
55.5	/	/	/	/	/	/	/		7
55.6	/	/	/	/	/	/	/	/	7
55.7	/	/	/	/	/	/	/	/	8
55.8	/	/	/	/	/	/			6
55.9	/	/	/	/	/				5
56.0	/	/	/	/					4
56.1	/	/							2
56.2	/								1
TOTAL									56

Variância: Indica quanto o valor medido se desvia do valor médio.

Amplitude: É a diferença entre o maior e o menor valor que aparecem em uma distribuição.

09

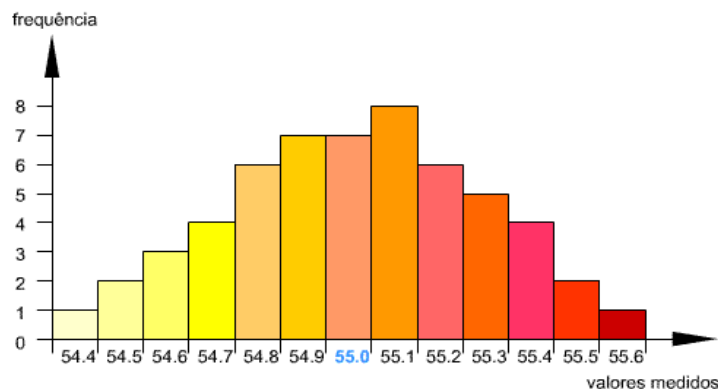
De cinco em cinco marcas fecha-se o conjunto, para facilitar a totalização a ser feita no final. Os totais formam a distribuição da frequência. A tabela ao lado é uma tabela de distribuição de frequência. Esta tabela corresponde aos dados da tabela anterior, é uma representação dela.



Ao olhar-se o histograma, pode-se observar, facilmente, que: o menor valor é 55,0 mm, e o maior, 56,2 mm. A amplitude ou range é de 1,2 mm (56,2 menos 55,0). O processo parece estar centrado entre 55,6 e 55,7 mm. O processo não está obedecendo à especificação (entre 54,0 e 56,0 mm).

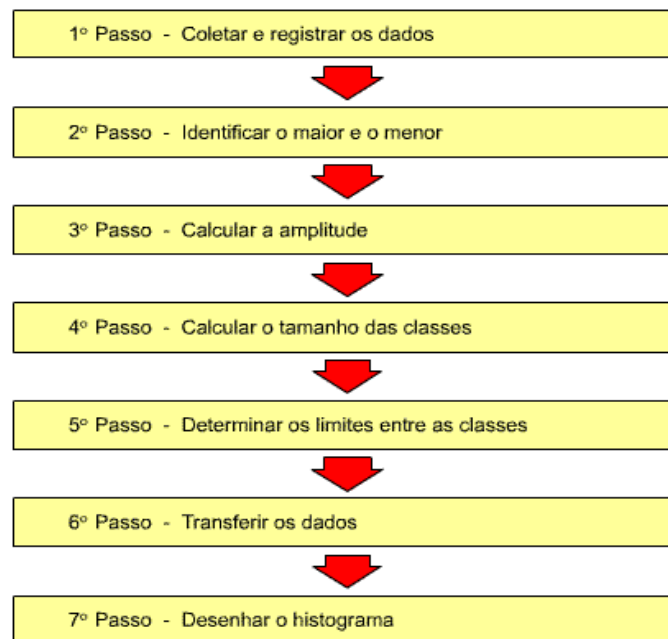
10

Observa-se que o processo é capaz de se enquadrar dentro das tolerâncias. Isto porque a faixa especificada é de 2 mm (54,0 a 56,0 mm), e as amostras do processo têm uma amplitude de apenas 1,2 mm. Pode-se imaginar este histograma se deslocando para a esquerda, até o valor da média ficar no valor 55,0 mm. Se o processo puder ser ajustado para provocar este deslocamento, mantendo a mesma dispersão de valor (1,2 mm), todas as observações se enquadrarão dentro da especificação.



Quando existe um grande número de observações, é mais conveniente apresentar os dados de forma condensada. Isto é feito por meio de agrupamentos de distribuição de frequência. Veja-se um exemplo para acompanhar a construção de um histograma em sete passos.

1º Passo	<u>Coletar e registrar os dados</u>
2º Passo	<u>Identificar o maior e o menor</u>
3º Passo	<u>Calcular a amplitude</u>
4º Passo	<u>Calcular o tamanho das classes</u>
5º Passo	<u>Determinar os limites entre as classes</u>
6º Passo	<u>Transferir os dados</u>
7º Passo	<u>Desenhar o histograma</u>



Coletar e registrar os dados

Numa determinada indústria metalúrgica, independente do número de lâminas produzidas, colete-se, como exemplo, uma amostra de 78 lâminas.

Mede-se a espessura de todas elas e colocam-se estes valores na tabela.

Identificar o maior e o menor

Marcar a maior e a menor das medidas da tabela. Neste caso, a maior é 1550 e a menor é 500.

Calcular a amplitude

Para isto basta fazer a diferença entre o maior e o menor valor da tabela. Neste exemplo, a

amplitude é de 1050, ou seja: $1550 - 500 = 1050$

Calcular o tamanho das classes

Para determinar o tamanho das classes, isto é, a largura das colunas do histograma, determina-se inicialmente o número de classes. Para isso, pode-se usar a tabela a seguir, com base na Regra de Sturges. Como se tem 78 medidas, utilizam-se 7 classes. A seguir divide-se a amplitude por 7; arredonda-se para mais se necessário. $1050/7 = 150$. 150 é o tamanho das classes.

Regra de Sturges	
Quantidade de medidas	Classes
0 - 9	4
10 - 24	5
25 - 49	6
50 - 89	7
90 - 189	8
> 189	9

Determinar os limites entre as classes

Como a menor medida é 500, inicia-se a escala por este valor. Marca-se agora, a partir de 500, cada classe de 150 mm, até se atingirem as oito classes. Para evitar que uma medida caia em duas classes diferentes reduz-se de um mínimo os limites superiores de cada classe.

Transferir os dados

Observar em que classe se enquadra cada uma das medidas da tabela original e fazer uma marca correspondente a esta classe na coluna Tabulação. Após examinar todas as medidas da tabela, somar o número de marcas feitas em cada classe e registrar esses valores na coluna dos totais.

Desenhar o histograma

Traçar o eixo horizontal e nele colocar os intervalos das classes do histograma. Traçar o eixo vertical e escolher uma escala para representar as frequências de cada classe, indicadas na coluna Total da tabela de distribuição de frequências. Como a maior frequência é 23, podemos escolher uma escala até 24, indicando os valores de 3 em 3. Desenha-se então cada uma das classes com a altura igual ao valor correspondente na tabela.

12

RESUMO

Em todas as empresas são coletados dados que, por vários motivos, não são aproveitados. Isto acontece em virtude de uma falta de representação visual dos dados.

Os dados são usados para: obter-se as dimensões médias e o grau de dispersão; determinar a aceitação ou não de certo lote de mercadorias; avaliar se o processo da fabricação está sob controle; determinar a necessidade de tomada de ações.

Todos os conjuntos de dados possuem um menor ou maior grau de dispersão. Para se conhecer a qualidade de certo número de produtos, utiliza-se a média e a variância.

Se as medições são ordenadas do menor para o maior valor, podemos responder às questões: Qual o valor da média? O maior valor? O menor valor? Qual a faixa de variação dos dados?

O meio mais simples de representar os dados é a tabulação. Coloca-se uma marca ao lado de cada valor encontrado, e os totais formam a distribuição de frequência. A tabela de distribuição de frequências apresenta uma visualização melhor dos valores da média, da variância e da amplitude.

Em um histograma, pode-se observar com mais facilidade o maior valor, o menor valor e a amplitude. E assim saber se um processo está ou não obedecendo à especificação. Além disso, podemos verificar se um dado processo está enquadrado nas tolerâncias previstas. Se o processo puder ser ajustado de modo a provocar um deslocamento no histograma, mantendo a mesma dispersão, todas as observações se enquadrarão dentro da especificação.

Quando existe um grande número de observações, é mais conveniente apresentar os dados de forma condensada. Isto é feito por meio de agrupamentos de distribuição de frequência e da construção de um histograma.

1º Passo: Coletar e registrar os dados

2º Passo: Identificar o maior e o menor

3º Passo: Calcular a amplitude

4º Passo: Calcular o tamanho das classes

5º Passo: Determinar os limites entre as classes

6º Passo: Transferir os dados

7º Passo: Desenhar o histograma

UNIDADE 1 – CONTROLE DE PROCESSO

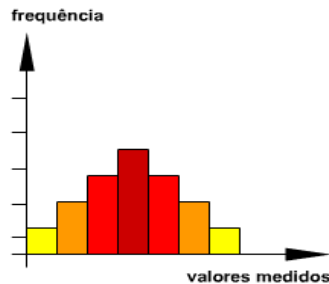
MÓDULO 4 – LIMITES DE CONTROLE

01

1 - MEDIDAS DE DISTRIBUIÇÃO

A apresentação dos dados de distribuição de frequência geralmente requer muito espaço. Mas existem

maneiras mais simples de representar a distribuição de frequência. Uma dessas maneiras consiste em utilizar uma medida de tendência central e uma medida de dispersão.



Medida de tendência central

São indicadores que permitem que se tenha uma primeira ideia da distribuição de dados de um experimento ou de uma observação. Essencialmente, elas informam o valor (ou faixa de valores) da variável que ocorrem com a maior frequência. São medidas que indicam o "centro" da distribuição. As medidas de tendência central mais utilizadas são a média, a mediana e a moda.

Mediana

É o valor do elemento médio do conjunto ordenado.

Moda

É o valor que ocorre com maior frequência em um conjunto. Em um histograma, a moda corresponde ao ponto mais alto do gráfico.

Média

Calcula-se a média para um conjunto de "n" elementos dividindo-se a soma dos elementos pela sua quantidade.

Medidas de Dispersão ou Variabilidade verificam a maior ou menor diversificação dos valores de uma variável em torno de um valor de tendência central (média ou mediana) tomado como ponto de comparação.

02

A medida de dispersão mais importante de uma distribuição de frequência é o desvio-padrão.

Outra importante medida de dispersão é a amplitude, usada sobretudo nos gráficos de controle, representada pela letra R (range em inglês). Vamos considerar um conjunto de elementos:

$$dp = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}}$$

dp = Desvio Padrão
 x = Elemento
 \bar{x} = Média

$$R = X_n - X_1$$

R = amplitude
 X_n = maior valor da amostra
 X_1 = menor valor da amostra

Desvio Padrão: É a raiz quadrada da variância.

03

Para se conhecer o desvio-padrão, calculam-se as diferenças entre cada elemento e a média do conjunto. A seguir eleva-se cada um desses valores ao quadrado. Dividindo-se esta soma pelo número de elementos e extraindo a raiz quadrada do valor encontrado, tem-se o desvio-padrão desse conjunto de elementos:

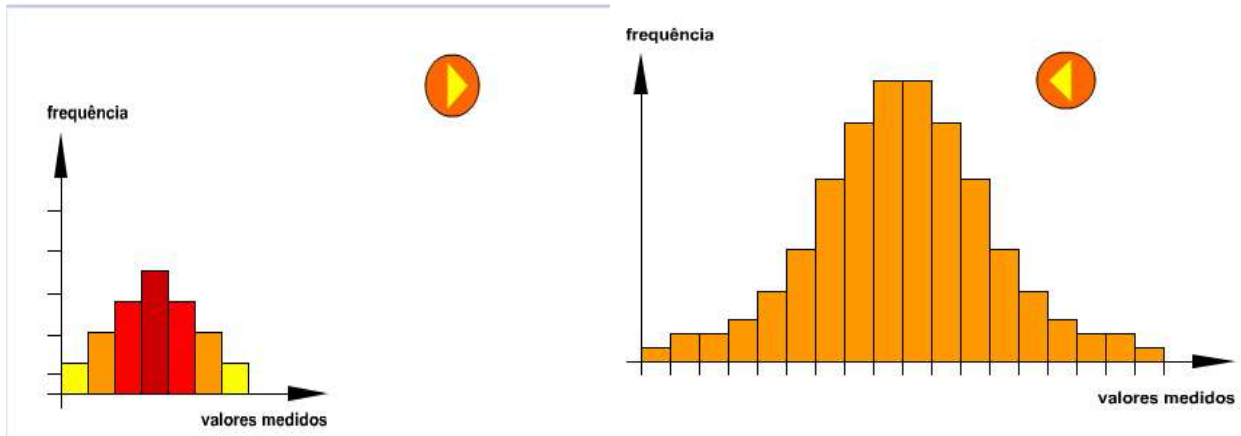
$$\begin{aligned} 22.0 - 22.9 &= -0.9 \\ 22.5 - 22.9 &= -0.4 \\ 22.5 - 22.9 &= -0.4 \\ 24.0 - 22.9 &= 1.1 \\ 23.5 - 22.9 &= 0.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (x_1 - \bar{x})^2 &= (-0.9)^2 = 0.81 \\ (x_2 - \bar{x})^2 &= (-0.4)^2 = 0.16 \\ (x_3 - \bar{x})^2 &= (-0.4)^2 = 0.16 \\ (x_4 - \bar{x})^2 &= (1.1)^2 = 1.21 \\ (x_5 - \bar{x})^2 &= (0.6)^2 = 0.36 \\ \hline \Sigma &= 2.70 \end{aligned}$$

$$dp = \sqrt{\frac{2,70}{5}}$$

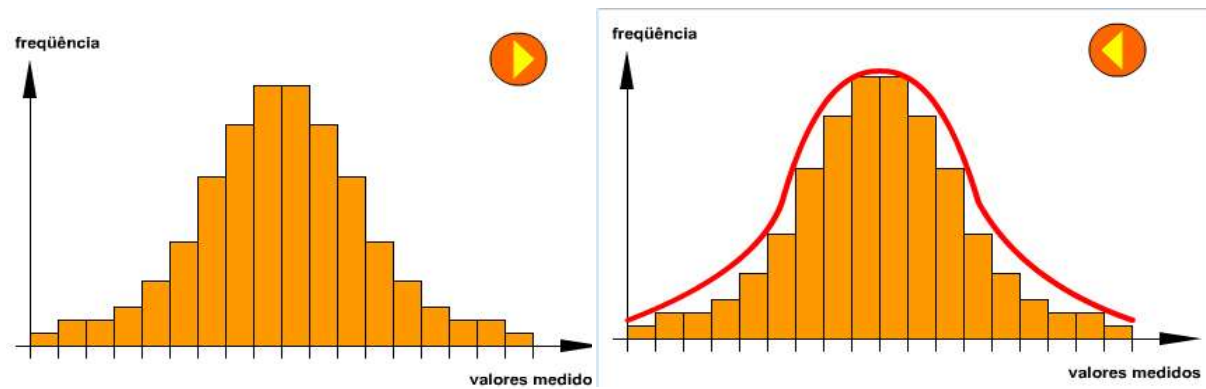
04

Observando-se cada coluna do histograma, verifica-se que é proporcional à frequência da respectiva classe. Deste modo, se houver um número muito grande de elementos observados numa distribuição de frequência, podemos imaginar que a largura de cada coluna torna-se cada vez menor.



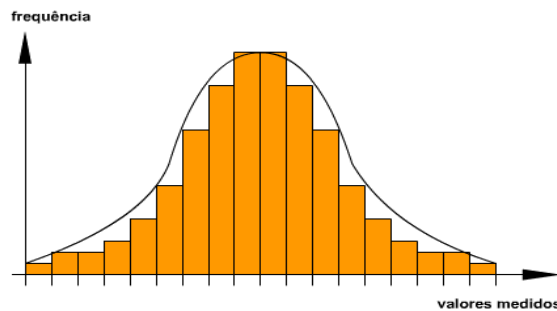
05

A série de degraus que compõem a linha superior do histograma poderia se transformar numa linha suavemente curva. A altura dessa curva em qualquer ponto é proporcional à frequência nesse ponto. A área abaixo dela entre dois limites seria proporcional à frequência de ocorrência de elementos entre esses dois limites. Essa curva é chamada de curva de frequência.



2 - DISTRIBUIÇÃO NORMAL

Existem vários tipos de curvas de frequência. A mais comum é a curva normal ou curva das probabilidades. É também conhecida como curva de Gauss ou de distribuição normal. É simétrica e tem a forma de um sino.



Pode-se utilizar somente o valor da média e da dispersão para representar uma distribuição de frequência se ela for uma distribuição normal. Embora quase toda sua área esteja limitada entre a média e ± 3 desvios-padrão, ela se estende de -infinito a +infinito. Os seus principais limites são os seguintes:

Para as curvas próximas da distribuição normal, cerca de dois terços das ocorrências encontram-se entre um desvio-padrão de cada lado da média.

Limites da curva normal

Intervalo	%área
$\bar{x} \pm 0.67dp$	50.00
$\bar{x} \pm 1dp$	68.26
$\bar{x} \pm 2dp$	95.46
$\bar{x} \pm 3dp$	99.73

Quando um projetista elabora a especificação de um produto ou processo, estabelece um valor nominal (VN) e os limites de tolerância indicando limite inferior (LIE) e limite superior (LSE).

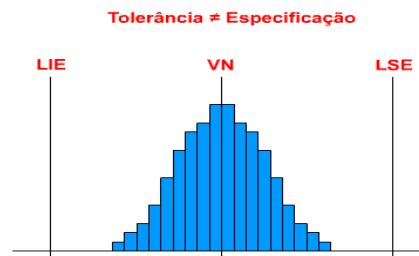
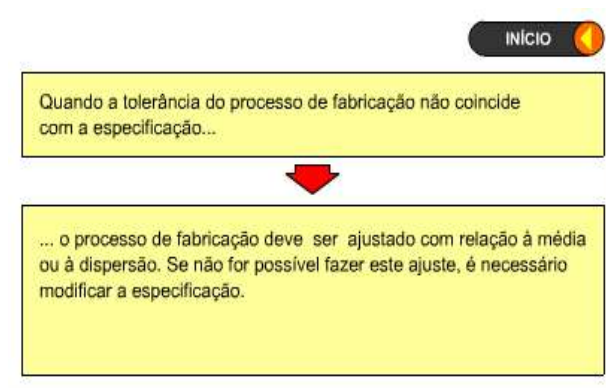
Durante a fabricação sob controle determina-se a média do processo e os limites do controle.



Admitindo-se que a variável sob controle tenha distribuição normal, uma boa especificação terá: um valor nominal (VN) coincidente com o valor médio do processo e uma tolerância total dentro dos limites de três desvios-padrão estabelecidos.

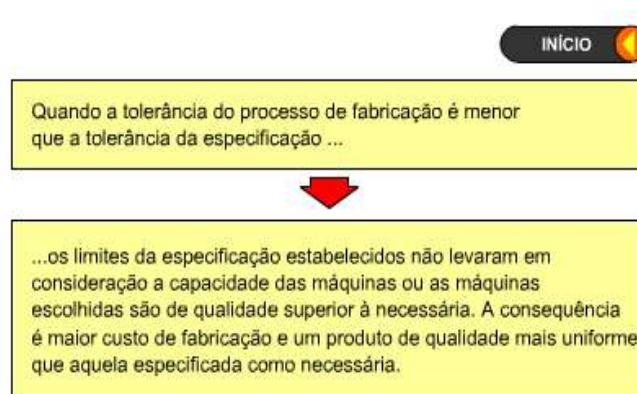
08

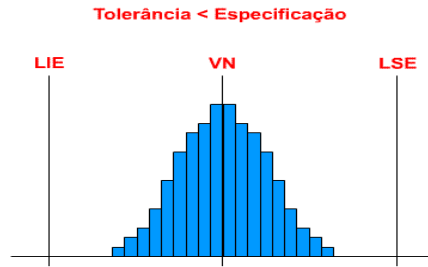
Verifica-se então que:



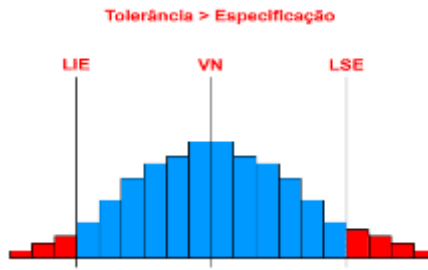
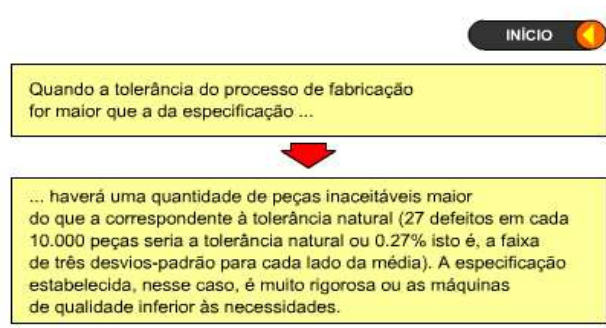
09

Verifica-se então que:



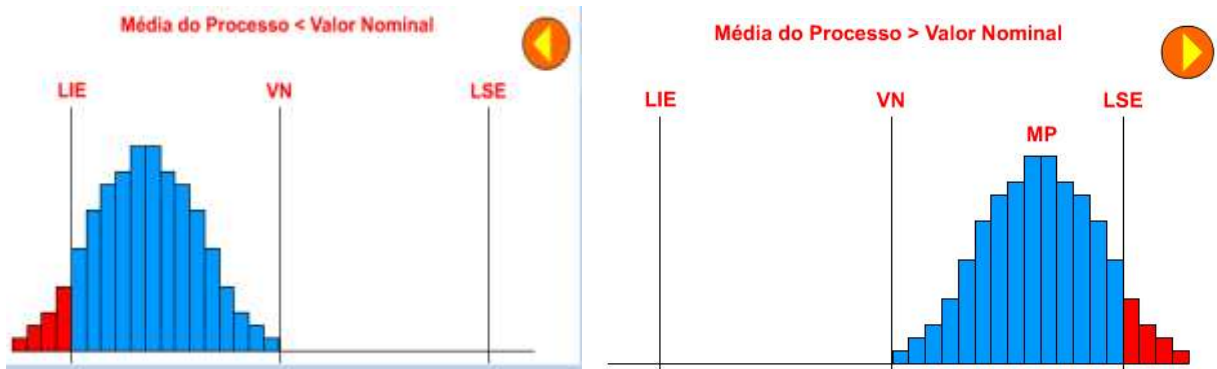
**10**

Verifica-se então que:

**11**

Quando a média do processo de fabricação coincide com o valor nominal especificado, o nível médio é satisfatório. Mesmo assim, a dispersão pode ser maior ou menor do que o especificado e, nesses casos, o gráfico de controle da média indicará se o nível de qualidade do processo está sob controle. O gráfico de amplitude evidenciará a falta de controle na dispersão.

Quando a média do processo está acima do valor nominal, ou abaixo dele, existirá elevada percentagem de peças inaceitáveis. Se, além do deslocamento da média, houver aumento na dispersão, a quantidade de refugos será ainda maior.



12

RESUMO

Podemos apresentar uma distribuição de frequência utilizando uma medida de tendência central e uma medida de dispersão.

As medidas de tendência central são a média, a mediana e a moda e as medidas de dispersão de uma distribuição de frequência são o desvio-padrão e a amplitude.

Quando há um número muito grande de elementos numa distribuição de frequência, podemos imaginar que a largura de cada coluna torna-se cada vez menor. Isso transforma a série de degraus que compõem a linha superior do histograma numa linha suavemente curva. A altura dessa curva em qualquer ponto é proporcional à frequência nesse ponto.

A curva de frequência mais comum é a curva normal ou curva das probabilidades. É também conhecida como curva de Gauss ou de distribuição normal. Pode ser representada pelo valor da média e da dispersão se ela for uma distribuição normal.

Todo produto ou processo, quando especificado, estabelece um valor nominal (VN) e os limites de tolerância indicando limite inferior (LIE) e limite superior (LSE). Durante a fabricação determina-se a média do processo e os limites do controle.

Admitindo-se que a variável sob controle tenha distribuição normal, uma boa especificação terá: um valor nominal (VN) coincidente com o valor médio do processo e uma tolerância total dentro dos limites de três desvios-padrão estabelecidos.

Quando a tolerância do processo de fabricação não coincide com a especificação, o processo de fabricação deve ser ajustado com relação à média ou à dispersão.

Se a tolerância do processo de fabricação é menor que a tolerância da especificação, os limites da especificação estabelecidos não levaram em consideração a capacidade das máquinas ou as máquinas escolhidas são de qualidade superior à necessária. O custo e a qualidade são superiores ao especificado.

Se a tolerância do processo de fabricação for maior que a da especificação, haverá uma quantidade maior de peças inaceitáveis do que a correspondente à tolerância natural, a especificação estabelecida, nesse caso, é muito rigorosa ou as máquinas de qualidade inferior ao necessário.

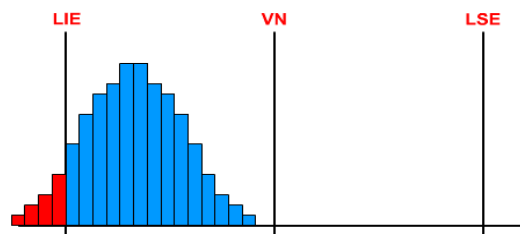
UNIDADE 1 – CONTROLE DE PROCESSO

MÓDULO 5 – GRÁFICO DE CONTROLE DE VARIÁVEIS

01

1 - CAUSAS ALEATÓRIAS

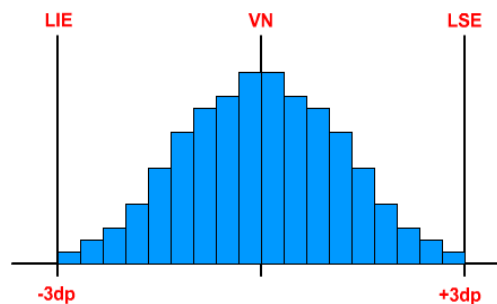
Mesmo quando um processo está sob controle, causas aleatórias podem atuar sobre ele. A ocorrência dessas causas leva o processo a ficar fora de controle. Como a variação é um fato natural, o critério de significação prática, para que duas coisas sejam consideradas iguais, é que a diferença entre elas se mostre tão pequena a ponto de não ser levada em consideração. A significância da diferença, muitas vezes, tem que ser avaliada com o auxílio de técnicas estatísticas.



02

A distribuição normal descreve ocorrências provenientes da atuação conjunta de causas aleatórias. Por isso, constitui-se base do critério estatístico para a distinção entre diferenças normais e diferenças significantes. Nos problemas de controle de qualidade, em especial na técnica de gráficos de controle e de tolerâncias, é usual se adotar a probabilidade de 0,27%.

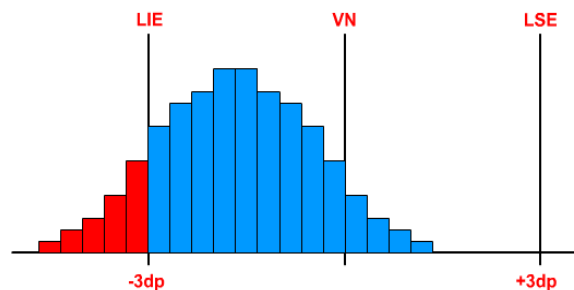
A probabilidade de 0,27% corresponde a três desvios padrões de cada lado da média (27 defeitos em 10.000 peças fabricadas). As diferenças além desta faixa são estatisticamente significantes, ou seja, não podem ser atribuídas a flutuações da amostragem.



03

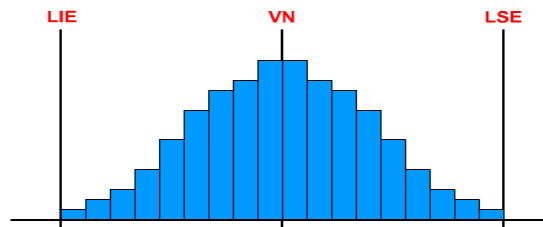
2 - VARIAÇÃO NO DESEMPENHO

Uma variação anormal ocorre quando o desempenho fica fora da faixa entre os limites inferiores e superiores do gráfico de controle. Este tipo de variação não pode ser previsto, pois ela acontece em razão de causas especiais. Por exemplo, os erros de um processo podem aumentar porque um funcionário foi substituído por outro com pouca experiência ou devido à paralisação de uma máquina importante. Se um problema aparece apenas raramente é provável que tenha uma causa especial.



04

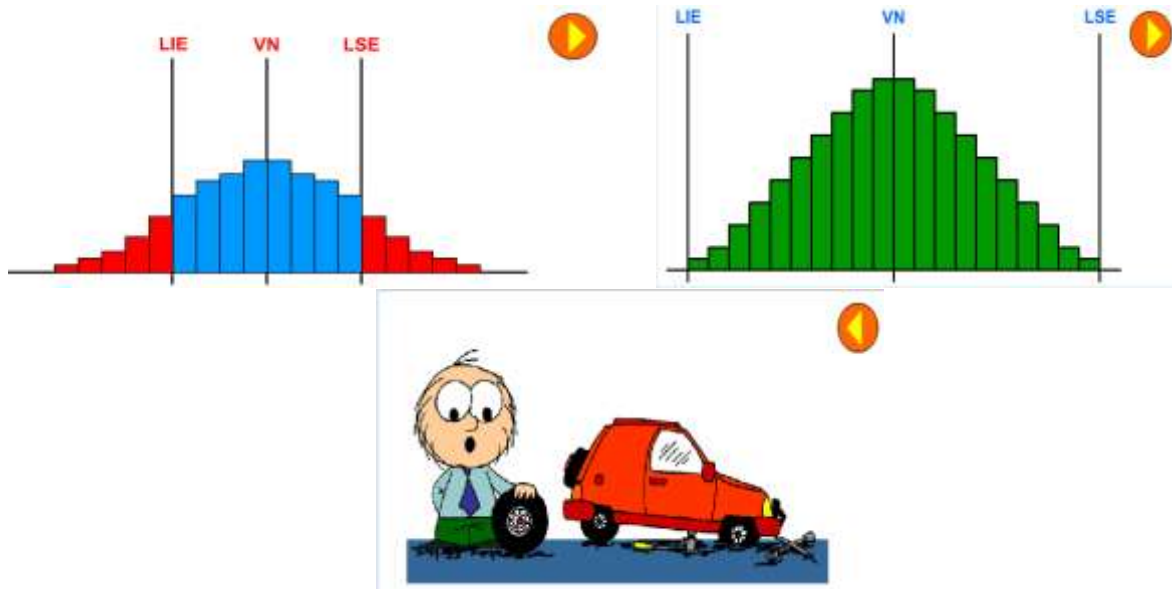
Uma variação normal é a flutuação no desempenho de rotina. No decorrer de um determinado tempo, os dados indicadores do processo podem aumentar ou diminuir, mas é possível prever, com grau razoável de certeza, qual será a faixa de variação. Este tipo de variação ocorre graças à existência de uma certa quantidade de causas comuns. Pode ser o nível de treinamento do pessoal ligado a este processo, pode ser a confiabilidade do equipamento e dos métodos usados ou ainda outros eventos aleatórios de menor importância.



05

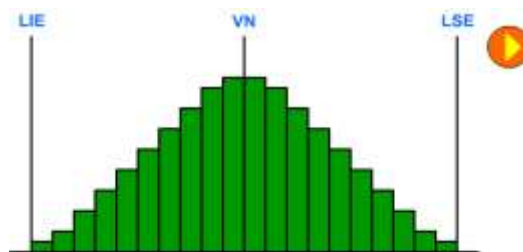
As causas especiais, que ocasionam variações anormais, são responsáveis por apenas, em média, 15% do nível de variação do processo. As causas comuns, responsáveis pelas variações normais, são responsáveis pelos restantes 85%. No entanto, a maior parte dos gerentes dedica-se a solucionar problemas cujas causas são especiais — vivem "apagando incêndios", em lugar de se concentrarem nas causas comuns.

Quando se remove uma causa especial de variação anormal, o processo está sendo consertado. Isto não significa que o processo melhorou. Significa que o processo volta a funcionar normalmente. Para eliminar causas especiais se utiliza o lado esquerdo do cérebro, o raciocínio lógico. Só existe uma solução para este tipo de problema. Se um pneu do carro furou, por exemplo, a única solução é substituí-lo.



06

Quando se elimina ou se reduz a intensidade de uma causa comum de variação normal, o processo e suas orientações irão melhorar. O desvio padrão deste processo será reduzido, a curva normal terá uma forma mais fechada.



Sempre que se intervém num processo, é preciso saber o que se pretende: estabilidade, capacidade ou redução da variação normal.

Se um processo apresenta, frequentemente, uma variação anormal é porque está fora de controle, está instável. Não é possível melhorar um processo instável, a primeira coisa a fazer é torná-lo estável. Entretanto, um processo estável pode não atender aos desejos do cliente. Para atendê-lo é necessário fazer melhorias no processo, para reduzir a variação normal.

07

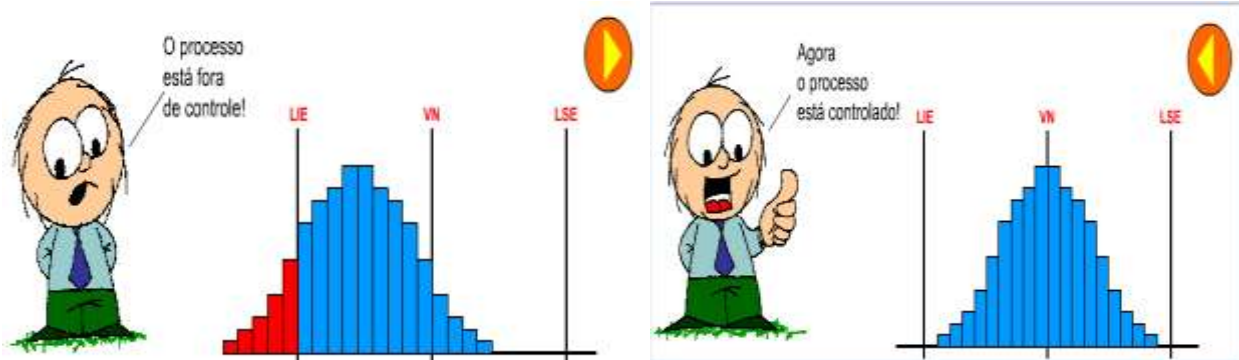
3 - GRÁFICOS DE CONTROLE

O Controle Estatístico de Processo (CEP) se baseia no uso de Gráficos de Controle. Eles permitem que o processo "fale" com os operadores. Eles ajudam a manter o processo sob controle.

Existem dois tipos de Gráfico de Controle de Variáveis:

Gráfico da Média e

Gráfico da Amplitude.



08

Vamos acompanhar as diversas etapas para a construção destes gráficos, por meio de um exemplo.

1º Registrar os dados de 20 amostras com cinco elementos cada. Calcular a média (\bar{X} -barra) e amplitude (R) de cada amostra e os respectivos totais.

2º Calcular a média das médias ($\bar{\bar{X}}$ duas barras). Este valor será a linha média do Gráfico das Médias.

3º Calcular a média das amplitudes (\bar{R} -barra) das diversas amostras.

4º Calcular os limites de controle da média.

Obs.: 0,577 é um valor tabelado pela American Society for Testing and Materials (ASTM) para 20 amostras de 5 elementos.

5º Desenhar a média, os limites de controle e plotar os pontos das amostras.

6º Calcular os limites de controle de amplitude:

Obs: 2,115 é um valor tabelado pela American Society for Testing and Materials (ASTM) para tamanho de amostra, no exemplo, 5.

7º Plotar o gráfico das amplitudes usando os dados fornecidos:

Amostra	X1	X2	X3	X4	X5
1	43	37	45	37	38
2	41	42	47	40	40
3	42	37	45	40	32
4	37	47	42	37	35
●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●
19	40	45	43	44	38
20	45	45	37	38	40

1 - Registrar os dados de 20 amostras com cinco elementos cada. Calcular a média (x-barra) e amplitude (R) de cada amostra e os respectivos totais.

Amostra	X1	X2	X3	X4	X5	X	R
1	43	37	45	37	38	40.0	8
2	41	42	47	40	40	42.0	7
3	42	37	45	40	32	39.2	13
4	37	47	42	37	35	39.6	12
●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●
19	40	45	43	44	38	42.0	7
20	45	45	37	38	40	41.8	8

1 - Registrar os dados de 20 amostras com cinco elementos cada. Calcular a média (x-barra) e amplitude (R) de cada amostra e os respectivos totais.

Amostra	X1	X2	X3	X4	X5	X	R
1	43	37	45	37	38	40.0	8
2	41	42	47	40	40	42.0	7
3	42	37	45	40	32	39.2	13
4	37	47	42	37	35	39.6	12
●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●
19	40	45	43	44	38	42.0	7
20	45	45	37	38	40	41.8	8

Total 815.2 174

2 - Calcular a média das médias (x duas barras). Este valor será a linha média do Gráfico das Médias.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\text{soma } \bar{X}}{20} = \frac{815.2}{20} = 40.76$$

2 - Calcular a média das médias (x duas barras). Este valor será a linha média do Gráfico das Médias.

Anterior
Próximo

Amostra	X1	X2	X3	X4	X5	X	R
1	43	37	45	37	38	40.0	8
2	41	42	47	40	40	42.0	7
3	42	37	45	40	32	39.2	13
4	37	47	42	37	35	39.6	12
●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●
19	40	45	43	44	38	42.0	7
20	45	45	37	38	40	41.8	8

$$\bar{R} = \frac{\text{soma R}}{20}$$

$$\bar{R} = \frac{174}{20} = 8.7$$

3 - Calcular a média das amplitudes (R-barra) das diversas amostras.

LSC = $X + 0.577 \times R =$
 $= 40.76 + 0.577 \times 8.7 =$
 $= 45.78$

LIC = $X - 0.577 \times R =$
 $= 40.76 - 0.577 \times 8.7 =$
 $= 35.74$

Anterior
Próximo

4 - Calcular os limites de controle da média.
Obs.: 0,577 é um valor tabelado para 20 amostras de 5 elementos.

Anterior
Próximo

Amostra	X	Amostra	X
1	40.0	11	40.0
2	42.0	12	42.2
3	42.2	13	39.2
4	39.2	14	39.6
5	39.6	15	41.4
6	41.4	16	46.4
7	46.4	17	40.6
8	40.6	18	41.6
9	41.6	19	42.0
10	40.4	20	41.8

34.8

5 - Desenhar a média, os limites de controle e plotar os pontos das amostras.

Anterior
Próximo

Anterior
Próximo

GRÁFICO DAS AMPLITUDES

6 - Calcular os limites de controle de amplitude:
Obs.: 11 e 2,115 são valores tabelados para tamanho de amostra, no exemplo, 5.

6 - Calcular os limites de controle de amplitude:
Obs.: 11 e 2,115 são valores tabelados para tamanho de amostra, no exemplo, 5.

Anterior
Próximo

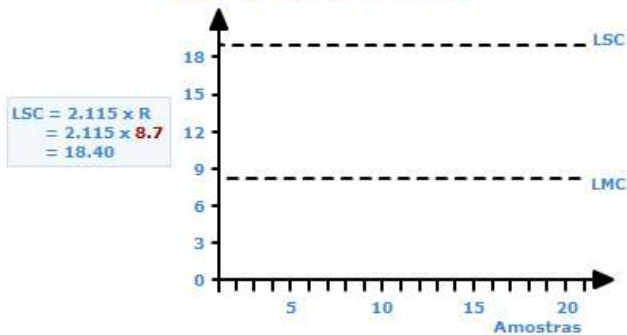
Anterior

Próximo

Anterior

Próximo

GRÁFICO DAS AMPLITUDES

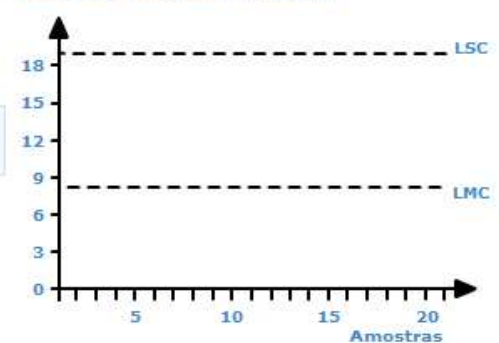


OBS: 2,115 é um valor tabelado para tamanho de amostra, no exemplo, 5;

6 - Calcular os limites de controle de amplitude:

Obs.: 11 e 2,115 são valores tabelados para tamanho de amostra, no exemplo, 5.

GRÁFICO DAS AMPLITUDES



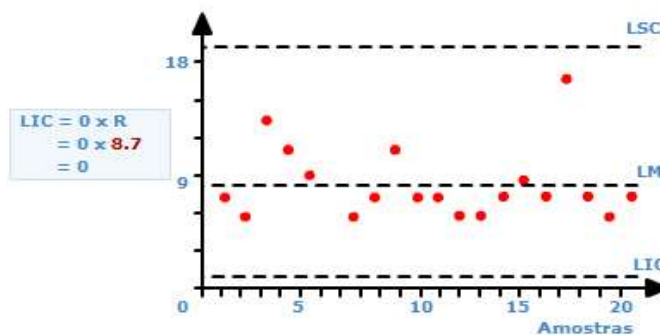
OBS: 0 é um valor tabelado para tamanho de amostra igual a 5.

6 - Calcular os limites de controle de amplitude:

Obs.: 11 e 2,115 são valores tabelados para tamanho de amostra, no exemplo, 5.

Anterior

GRÁFICO DAS AMPLITUDES



7 - Plotar o gráfico das amplitudes usando os dados fornecidos:

09

RESUMO

Causas especiais podem atuar sobre um processo, deixá-lo fora de controle leva a diferenças nos resultados. A significância das diferenças deve, muitas vezes, ser avaliada com o auxílio de técnicas estatísticas. Essas causas são descritas com base na distribuição normal de frequência, que constitui a base do critério estatístico.

Uma variação anormal ocorre quando o desempenho fica fora dos limites inferiores e superiores do gráfico de controle. Este tipo de variação não pode ser previsto, pois ela acontece em virtude de causas especiais.

Uma variação normal é a flutuação no desempenho de rotina graças à existência de certa quantidade de causas comuns. No decorrer de um determinado tempo, os dados indicadores do processo podem aumentar ou diminuir, mas é possível prever, com grau razoável de certeza, qual será a faixa de variação.

As causas especiais, que ocasionam variações anormais, são responsáveis por apenas, em média, 15% do nível de variação do processo. As causas comuns, responsáveis pelas variações normais, são responsáveis pelos restantes 85%.

Quando se remove uma causa especial de variação anormal, o processo está sendo consertado, isto é, o processo volta a funcionar normalmente. Quando se elimina ou reduz a intensidade de uma causa comum, o processo é melhorado.

Para se melhorar um processo é necessário torná-lo estável. Mas, um processo estável pode não atender ao cliente. Para atendê-lo são necessárias melhorias no processo, isto é, reduzir a variação normal.

O Controle Estatístico de Processo (CEP) se baseia no uso de Gráficos de Controle. Eles permitem que o processo "fale" com os operadores, eles ajudam a manter o processo sob controle por meio dos gráficos de controle de variáveis: Gráfico da Média e Gráfico da Amplitude.

UNIDADE 1 – CONTROLE DE PROCESSO

MÓDULO 6 – GRÁFICO DE CONTROLE DE ATRIBUTOS

01

1 - USO DO GRÁFICO DE CONTROLE

Em qualquer organização existem dezenas de processos. É, portanto, necessário que se use uma ferramenta para identificar qual processo deve ser controlado. Esta ferramenta é o Gráfico de Controle de Atributos, que permite o controle dos dados discretos.

O termo atributo se refere às características de qualidade não mensuráveis que só podem ser contadas por meio de variáveis discretas. Os itens, neste caso, se classificam apenas como bons ou maus, não existem valores intermediários. Uma não conformidade é uma característica de qualidade que não atende às especificações. Uma peça não conforme pode deixar de ser aproveitada por ter uma ou várias não conformidades.



02

O Gráfico de Atributos mais comum é o de itens não conformes, conhecido por "gráfico p", que mostra a fração não conforme de uma amostra.

Esta fração é definida como a proporção de itens não conformes encontrados em uma amostra, em relação ao número total da amostra. Ele é sempre expresso como fração decimal. O sistema mais comum é o de amostras de tamanho constante.



03

Este tipo de gráfico é utilizado para:

- descobrir a proporção média de itens não conformes durante um certo tempo;



- chamar a atenção da chefia para alguma alteração na qualidade média;



- localizar quaisquer valores altos fora de controle que exijam ação.



04

É também utilizado para:

- identificar causas de baixa qualidade;



- determinar onde utilizar os Gráficos de Controle de Variáveis para localizar as causas.

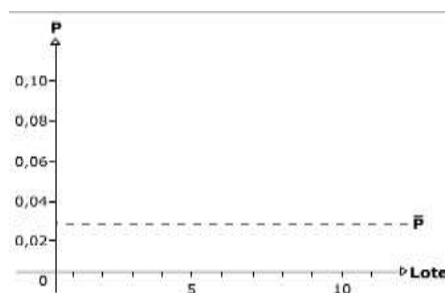


05

A fração média de não conformes é calculada dividindo-se o número total de itens não conformes pelo número total de itens da amostra.

$$\bar{p} = \frac{\text{quantidade de itens não conformes}}{\text{total de itens inspecionados}}$$

Ela é representada por p (p-barra) e é indicada como a linha central para o gráfico.



06

Os gráficos-p não são baseados na distribuição normal, mas na distribuição binomial. Portanto, o seu desvio-padrão é calculado pela fórmula seguinte:

$$dp = \sqrt{\frac{\sum (P_i - \bar{P})^2}{n}} \text{ ou, simplificadamente, } dp = \sqrt{\frac{\bar{P}(1 - \bar{P})}{n}}$$

Em que: \bar{P} é a fração não conforme média e "n" o tamanho da amostra.

07

2 - LIMITES DE CONTROLE

Neste tipo de gráfico também se usa os limites de controle de 3dp.

Os limites de controle serão: Limite Superior de Controle (LSC = $+ 3dp$) e Limite Inferior de Controle (LIC = $- 3dp$).

Quando o Limite Inferior for negativo, ele passa a ser zero.

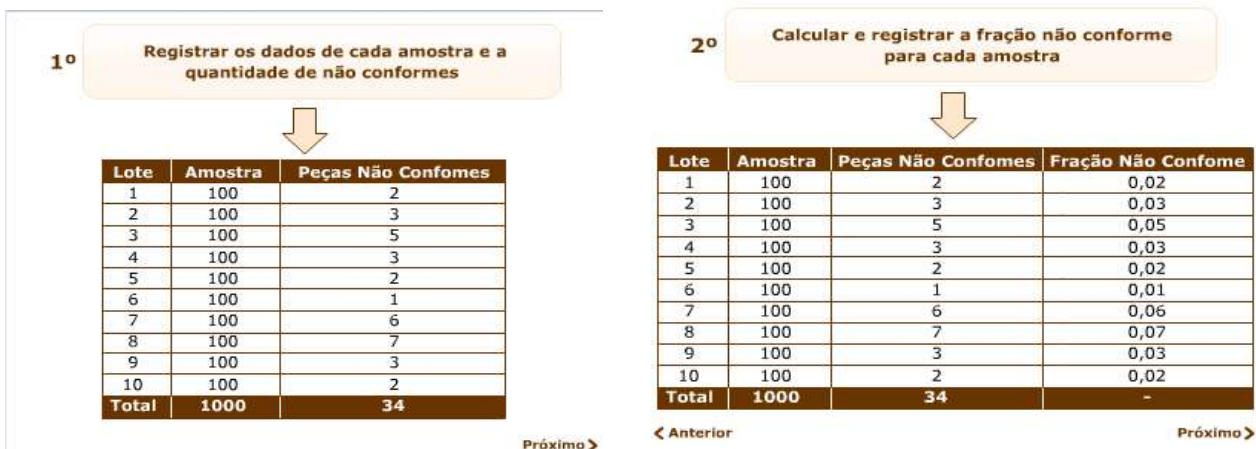
Se alguns pontos caírem acima do Limite Superior de Controle - LSC, significa que o processo em análise está produzindo itens com qualidade inferior à esperada e que necessita de correção.

Se os pontos caírem abaixo do Limite Inferior de Controle, LIC, significa que o processo está produzindo itens com qualidade superior à esperada e que se deve descobrir as causas para incorporá-las definitivamente ao processo.



08

Vamos ver as etapas para a construção deste tipo de gráfico acompanhando o seguinte exemplo: Numa



3º Calcular a fração não conforme média (p-barra)
Esse valor é a linha central do gráfico

linha central do gráfico

$$\bar{p} = \frac{\text{total peças não conformes}}{\text{total peças conformes}} = \frac{34}{1000} = 0,034$$

< Anterior Próxio >

4º Calcular o desvio padrão (dp)

$$dp = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} = \sqrt{\frac{0,034(1-0,034)}{100}} = 0,018$$

< Anterior Próxio >

prensa de moldagem de uma determinada peça,

5º Calcular os limites de controle tomando os valores de 3 dp de ambos os lados de p-barra

$$LSC = \bar{p} + (3 \times dp) = 0,034 + (3 \times 0,018) = 0,088$$

$$LIC = \bar{p} - (3 \times dp) = 0,034 - (3 \times 0,018) = -0,02 = 0$$

< Anterior Próxio >

6º Plotar os pontos no gráfico usando os dados da tabela

< Anterior Próxio >

inspecionam-se dez amostras aleatórias de 100

elementos cada uma.

09

RESUMO

O Gráfico de Controle de Atributos, que permite o controle dos dados discretos, possibilita a identificação de qual processo deve ser controlado.

O termo atributo se refere às características de qualidade que só podem ser contadas por meio de variáveis discretas. O gráfico mais comum é de itens não conformes, conhecido por "gráfico p", que mostra a fração não conforme de uma amostra, isto é, a proporção de itens não conformes encontrados em uma amostra em relação ao número total da amostra.

O Gráfico de Controle de Atributos é utilizado para:

- descobrir a proporção média de itens não conformes durante certo tempo;
- chamar a atenção da chefia para alguma alteração na qualidade média;

- localizar quaisquer valores altos fora de controle que exijam ação;
- identificar causas de baixa qualidade;
- determinar onde utilizar os Gráficos de Controle de Variáveis para localizar as causas.

O gráfico-p é baseado na distribuição binomial e são usados limites de controle de 3 dp: Limite Superior de Controle e Limite Inferior de Controle.

Quando o Limite Inferior é negativo, ele passa a ser zero.

Pontos acima do Limite Superior de Controle – LSC, indicam que o processo em análise está produzindo itens com qualidade inferior à esperada e que necessita de correção.

Pontos abaixo do Limite Inferior de Controle, LIC, indicam que o processo está produzindo itens com qualidade superior à esperada e que se deve descobrir as causas para incorporá-las definitivamente ao processo.