



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ESTUDO SOBRE O CONTROLE ESTATÍSTICO DE
PROCESSO E SUA IMPLANTAÇÃO EM UMA EMPRESA DE
CALÇADOS.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
POR

SÉRVULO TEIXEIRA DE BARROS JÚNIOR
Orientador: Prof^ª. Denise Dumke de Medeiros

RECIFE, JANEIRO/2006

C331e Barros Júnior, Sérvulo Teixeira de
Estudo sobre o controle estatístico de processo e sua implantação em
uma empresa de calçados / Sérvulo Teixeira de Barros Júnior. – Recife: O
Autor, 2006.
43 folhas, il., figs., tabs.
Orientador: Prof.^a Denise Dumke de Medeiros
TCC (graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia de Produção 2006.
Inclui referências.

1. Engenharia de Produção. 2. Qualidade. 3. Ferramentas da qualidade.
4. Controle estatístico do processo. 5. Gráficos de controle I. Medeiros,
Denise Dumke (orientador). II. Título.

658.5 CDD (22. ed.)

UFPE

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, aos meus pais – Sérvulo e Cristiane, que sempre me apoiaram e me incentivaram a continuar, me ajudando, me instruindo.

Agradeço a empresa estudada por ter me oferecido à oportunidade de poder promover este estudo e também pelo apoio que me foi dado.

Agradeço também a:

–Denise Dumke por ter sido minha orientadora e por ter me ajudado tanto durante todo o curso.

–Todas as pessoas que me deram suporte, dentre todos os setores da empresa que me propuseram um contato, durante esse período, muito agradável e muito importante para minha formação e aproveitamento do trabalho feito.

–E a todos os outros que de forma direta e indireta contribuíram com minha formação, minha saúde e minha vida.

Gostaria de dedicar este documento a Wilson Teixeira de Barros.

“Vôinho... todos nós te amamos”.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo a apresentação das ferramentas da qualidade e aplicação do Controle Estatístico de Processo em um determinado setor de uma indústria de calçados, situada na região Nordeste. Inicialmente será feita uma breve apresentação e explicação das ferramentas da qualidade e do Controle Estatístico do Processo ou CEP. Em seguida, é apresentada a situação da empresa numa linha de produção específica e a introdução na mesma do CEP. Os dados foram analisados resultando em planos de ação que culminaram, em alguns casos com o controle estatístico do mesmo. Para a fase final de interpretação dos dados foram aplicadas os Gráficos de Controle \bar{X} e R. O estudo procurou promover o estabelecimento dos limites de controle que permitirão monitorar o processo. Para os casos onde a análise, entretanto, diagnosticou a permanência do mesmo fora de controle, se fará necessário dar continuidade ao estudo das causas da variabilidade do mesmo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	1
1.2 Objetivo do Trabalho	1
1.3 Estruturação do Trabalho	2
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1 Qualidade: Evolução Histórica	3
2.2 Qualidade: definição e ferramentas	4
2.2.1 Fluxograma	5
2.2.2 Listas de verificação	5
2.2.3 Histograma	6
2.2.4 Diagrama de Pareto	6
2.2.5 Diagrama de causa e efeito	6
2.2.6 Análise da dispersão	6
2.2.7 Gráficos de controle	7
2.3 Conceitos Básicos do controle estatístico do processo	7
2.3.1 Processo e controle: Definições	7
2.3.2 Processo: Controle Estatístico	8
2.3.3 Causas: Comuns e Especiais	9
2.3.4 Classificação por atributos ou por variáveis.	12
2.3.5 Subgrupos Racionais	13
2.3.6 Frequência de Amostragem	14
2.4 Apresentação e análise dos Gráficos de Controle	15
2.4.1 Conhecendo, estabilizando e ajustando o processo.	15
2.4.2 Gráficos de Controle	16
2.4.2.1 Interpretação dos gráficos de controle	17
2.4.2.2 Tipos de Gráficos de Controle	19
2.4.3 Gráficos de Controle para Atributos	19
2.4.4 Gráficos de Controle para Variáveis	21
2.5 CEP: benefícios	26
2.6 CEP: desvantagens	26
2.7 Capabilidade de Processos	27
2.7.1 Interpretação	27
2.8 Conclusão do capítulo	30
3. ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO CEP EM UMA EMPRESA	31
3.1 A fabricação das sandálias de borracha	31
3.2 A descrição do processo	32
3.3 Análise do processo e Resultados	33
3.4 Conclusão do capítulo	40
4. CONCLUSÃO	41
4.1 Conclusões Gerais sobre o trabalho	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.1: Exemplo de Gráfico de Controle</i>	7
<i>Figura 2.2: Causas comuns e especiais do processo</i>	11
<i>Figura 2.3: Variação do Processo</i>	12
<i>Figura 2.4: Estabelecimento de limites para o gráfico de controle</i>	23
<i>Figura 2.5: Procedimento para escolha do gráfico de controle.</i>	25

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 2.1: Exemplo de dados para formulação do Histograma</i>	9
<i>Tabela 2.2: Constantes d_2, d_3 e c_4</i>	22
<i>Tabela 2.3: Estimação do Limite Natural do Processo</i>	28
<i>Tabela 3.1: Amostras (pesos em gramas) retiradas num turno de trabalho</i>	34
<i>Tabela 3.2: Amostras (pesos em gramas) retiradas num turno de trabalho</i>	37

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 2.1: Regras para interpretação dos gráficos de controle</i>	18
<i>Quadro 2.2: Seleção de Gráficos de Controle por Atributos</i>	20
<i>Quadro 2.3: Tipos mais Comuns de Gráficos de Controle por Variáveis</i>	22
<i>Quadro 2.4: Intrepretação do índice C_p ou C_{pk}</i>	28

LISTA DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 2.1: Exemplo de Histograma</i>	<i>10</i>
<i>Gráfico 2.2: Exemplo de processo sob causas especiais</i>	<i>15</i>
<i>Gráfico 2.3: Exemplo de processo em controle estatístico</i>	<i>16</i>
<i>Gráfico 3.1: Variação em gramas dos pesos dos cartuchos na fábrica de sandálias de borracha</i>	<i>33</i>
<i>Gráfico 3.2: Gráficos \bar{X} e R iniciais da amostra</i>	<i>36</i>
<i>Gráfico 3.3: Gráficos \bar{X} e R após modificação da amostra</i>	<i>38</i>

1 INTRODUÇÃO

O mercado competitivo proporciona às empresas um ambiente desafiador de sobrevivência dentro do mesmo. Sem a melhoria da qualidade, controlando produtos e processos, reduzindo desperdícios e aumentando a produtividade, o mercado é capaz de eliminar a empresa que não se encaixe nesta realidade.

1.1 Justificativa

Os gráficos de controle, introduzidos em 1924 por Walter A. Shewhart, têm como objetivo controlar a variabilidade dos processos possibilitando ajudar àqueles que buscam melhorar seus meios de produção. Estes gráficos são extremamente úteis para verificar se as variações observadas em um processo são decorrentes de causas comuns ou de causas especiais de variações.

A redução da variabilidade do processo é uma etapa importante do processo de melhoria contínua da qualidade. O Controle Estatístico do Processo ou CEP constitui-se numa eficiente ferramenta na redução de tal variabilidade, pois com o auxílio de seus cálculos estatísticos é possível detectar as causas da variação. Quando essas causas são corrigidas, a variabilidade do processo é reduzida, e o desempenho do processo é melhorado.

Assim, a proposta para o trabalho em questão justifica-se pelo fato da necessidade da Empresa X em controlar seu processo de fabricação, com a finalidade da redução da variabilidade e aumento da economia no que diz respeito aos custos de produção, o que se considera de caráter relevante no estudo científico.

A empresa objeto deste estudo preferiu manter seu nome sob confidencialidade, e por este motivo, será designada neste trabalho como Empresa X.

1.2 Objetivo do Trabalho

O objetivo geral deste trabalho é demonstrar como o Controle Estatístico do Processo pode auxiliar na manutenção de uma variável a ser controlada, proporcionando economia nos custos da produção e garantindo a qualidade na produção de determinado item.

Os objetivos específicos deste trabalho podem ser resumidos como seguem:

1. Apresentar conceitos para desenvolvimento do estudo do controle estatístico do processo.
2. Apresentar os problemas no processo de produção da empresa em questão.

3. Propor ações para controlar a variabilidade do processo.
4. E por fim, através de um estudo de caso, determinar melhorias para o processo em questão.

1.3 Estruturação do Trabalho

O trabalho está estruturado em quatro capítulos, além do presente. No Capítulo 2 são apresentadas as principais técnicas que podem ser utilizadas no monitoramento do processo produtivo de indústria de sandálias, como as ferramentas da qualidade e dentro destas, as cartas de controle que serão utilizadas na aplicação do Controle Estatístico de Processos (CEP).

No Capítulo 3 o foco é concentrado na aplicação da metodologia CEP na empresa, através de um estudo de caso associado a uma etapa do processo produtivo na fabricação de sandálias.

No Capítulo 4 são apresentadas as considerações finais, ou seja, as conclusões do trabalho feito.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos para o entendimento do trabalho e posterior análise do estudo de caso. Inicia-se com os conceitos da Qualidade e suas principais ferramentas tendo como aprofundamento o Controle Estatístico do Processo, o objetivo principal deste trabalho.

2.1 Qualidade: Evolução Histórica

As mudanças políticas, sociais e econômicas do mercado, principalmente a partir do século passado, refletiram nas organizações fazendo com que elas se reestruturassem principalmente com relação ao planejamento e controle da Qualidade de seus produtos e serviços.

No início do século passado, a indústria se mostrara ineficiente com relação às novas exigências da demanda. As Guerras Mundiais proporcionaram a necessidade de produção em larga escala e dentro deste contexto Shewhart desenvolveu o Controle Estatístico da Qualidade visando proporcionar melhorias na produção dos itens.

Em 1945 é fundada a American Society for Quality Control – ASQC e em 1951 Juran publica seus estudos sobre a Qualidade e os custos relacionados à mesma. Grandes estudiosos americanos como o próprio J. M. Juran, W. E. Deming e A. V. Feigenbaum, neste mesmo período, levam estes conhecimentos para o oriente, no caso o Japão, tendo aí iniciado um grande impulso para o desenvolvimento da Qualidade.

Os sistemas de produção se tornaram mais complexos e fizeram com que a Qualidade nas fábricas passasse a ser enfocada de maneira mais diversificada, abrangendo todo o ciclo do produto e sua utilização. A perspectiva passa para a conotação preventiva que ocorre por volta dos anos 1960 e tem como marco o Controle Total da Qualidade proposto por Feigenbaum.

Em meados de 1970 o Japão passa a ser modelo em gerenciamento da qualidade. Entre 1980 e 1990 as empresas européias e americanas buscam adaptar os conceitos, métodos e técnicas japonesas de gerenciamento da qualidade, o que inicia uma grande competição em busca da qualidade em nível mundial para assumir a excelência na produção de produtos adequados por parte das empresas e indústrias.

Os princípios de garantia da Qualidade chegaram a quase todos os setores da indústria na forma de exigências contratuais. Este sistema teve grande impulso durante a década de

1980, onde as empresas começam a perceber que a adoção destes enfoques poderia trazer contribuição para a melhoria da qualidade.

Com o desenvolvimento do conceito de Qualidade, percebeu-se que se todos os departamentos aderirem à qualidade, o sucesso seria possível. Para tanto o gerenciamento deveria guiar o melhoramento da qualidade nas companhias.

Para as empresas, no mercado competitivo atual, a sobrevivência está diretamente ligada à produção de itens adequados ao uso, cumprindo as conformidades de seu projeto, a um baixo custo. Nesse sentido, uma série de estratégias foram formuladas nas últimas décadas, com o objetivo de assegurar a qualidade de processos e produtos, proporcionando seu controle efetivo.

2.2 Qualidade: definição e ferramentas

O conceito de qualidade evoluiu ao longo do século, deixando de ser apenas uma atividade de inspeção e seleção de itens não-conformes, com caráter fortemente corretivo, para o uso de técnicas estatísticas que garantiriam a qualidade do produto de forma preventiva. Posteriormente a ênfase mudou do produto para o processo, pois um processo com os padrões de qualidade desejados apresenta como consequência um produto com a qualidade esperada. Paralelamente, passou-se a trabalhar com os sistemas de qualidade nas empresas. Atualmente o conceito evoluiu, além das fronteiras da empresa, abrangendo toda a cadeia onde essa está inserida.

A Qualidade, dentro de sua história, possui várias definições, dentre as quais se podem citar: (i) Conforme Juran & Gryna (1993), qualidade significa adequação ao uso, (ii) Para Campos (1992) um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de modo seguro e no momento certo às necessidades dos clientes.

Paladini (1997), considerando que a adequação ao uso é meta da qualidade, propõe nova estrutura na empresa. Nela se verificam três ambientes básicos da Qualidade: In-line que está ligado aos elementos voltados para o processo de fabricação ou o próprio processo produtivo. O ambiente off-line é aquele que está na empresa, afeta a linha de produção indiretamente e que pode ou não estar ativado. E por fim on-line que seria o ambiente ou canal que trata das relações da empresa com o mercado.

Para Garvin (1992), ao se conceituar a qualidade, é possível adotar dimensões dispostas em oito categorias: desempenho do produto, suas características, sua confiabilidade, sua

conformidade ao uso, sua durabilidade, o atendimento aos quesitos, sua estética e a qualidade percebida pelo cliente. Essas dimensões são estanques e distintas, pois um produto pode ser bem cotado em uma dimensão, mas não ser em outra, estando essas dimensões em muitos casos inter-relacionadas.

Para auxiliar o processo de garantia e controle da qualidade foram desenvolvidas ferramentas, dentre as quais se podem citar: fluxogramas, listas de verificação, histogramas, diagramas de Pareto, diagramas de causa e efeito, análise da dispersão e os gráficos de controle.

A seguir, segundo Deming (1990), Rodrigues (2004) e Werkema (1995), são apresentadas as principais ferramentas da qualidade.

2.2.1 Fluxograma

Fluxograma é a forma gráfica que através de símbolos descreve e mapeia as diversas etapas de um processo, ordenando-as em uma seqüência lógica e de forma planejada. Seu objetivo é demonstrar todas as etapas e atividades de um processo. Com isso, é possível identificar erros, duplicidades e eliminar tarefas sem valor agregado ao processo.

Seus principais símbolos são:

–O retângulo que significa “operação” cuja representação é de uma fase ou etapa do processo que registra tanto a etapa quanto o responsável pela sua execução.

–O losango que significa “decisão” cuja representação é do ponto onde uma decisão tem que ser tomada. A decisão parte da forma de uma pergunta cuja resposta seja Sim ou Não.

–A direção ou linha dirigida que se refere ao sentido do fluxo cuja representação é o sentido e a ordem entre as fases do processo.

–Finalmente o oblongo que representa os limites do fluxograma, ou seja, representa o início e o final do processo.

2.2.2 Listas de verificação

São caracterizadas por serem formulários utilizados para tabular dados de uma observação amostral, identificando a freqüência dos eventos previamente selecionados em certo período. Seu objetivo é coletar dados, que deverão ser processados e analisados, com finalidade de obter informações para monitorar as decisões gerenciais.

2.2.3 Histograma

Histogramas são diagramas de barras verticais de distribuição de frequência de um conjunto de dados numéricos. Eles têm por finalidade apresentar a variabilidade dos dados em um determinado período.

2.2.4 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é um gráfico de barras verticais que permite determinar quais problemas resolver e quais as prioridades. Ele deve ser construído tomando como suporte uma lista de verificação.

Segundo Pareto: “20% da população ficam com 80% da arrecadação, enquanto que para 80% da população restam apenas 20% da arrecadação”. Esta citação serviu de base para criação deste diagrama, pois ele explicita os problemas prioritários de um processo.

2.2.5 Diagrama de causa e efeito

Conhecido também como diagrama Espinha de Peixe ou diagrama de Ishikawa. Consiste num diagrama que visa estabelecer a relação entre o efeito e todas as causas de um processo. Ele relaciona, em geral, as seguintes causas: Mão-de-obra, Máquinas, Materiais, Métodos, Medição e Meio Ambiente. Sua elaboração deve ser feita através de um *brainstorming* ou de outras técnicas que envolvam equipes de trabalho.

2.2.6 Análise da dispersão

A análise da dispersão é uma ferramenta usada quando se pretende estudar a relação entre duas variáveis. Em geral usa-se quando se estuda um característico de qualidade e um fator que possa ter efeito sobre este ou quando se pretende estudar a relação existente entre dois característicos de qualidade ou ainda estudar dois fatores que possam ter efeito sobre o mesmo característico de qualidade.

2.2.7 Gráficos de controle

Os gráficos de controle (figura 2.1) são a formas de explicitar o Controle Estatístico do Processo – CEP. Os gráficos de controle buscam identificar as causas para melhoria do processo. São ferramentas que geram baixos custos e um grande retorno de informações.

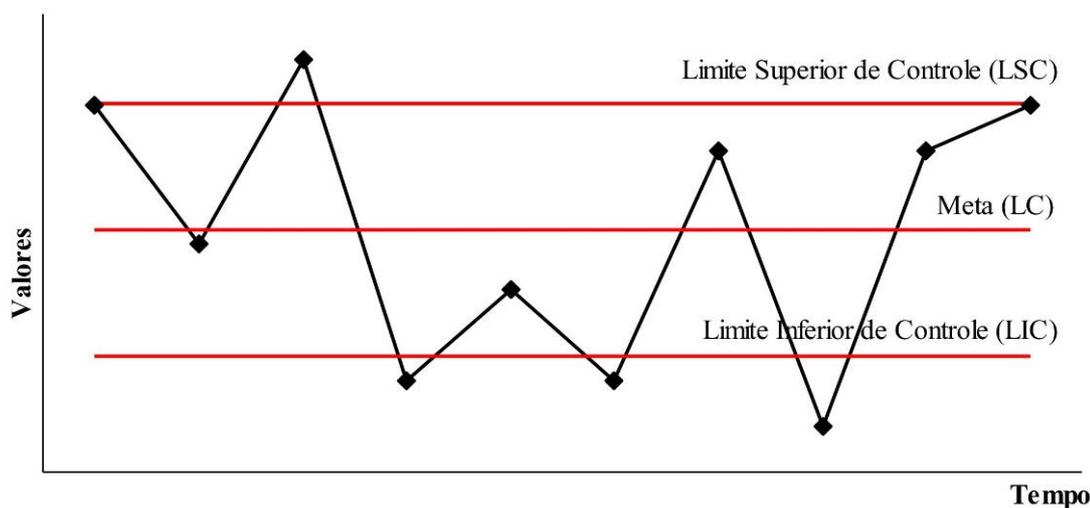


Figura 2.1: Exemplo de Gráfico de Controle
Fonte: Autor

2.3 Conceitos Básicos do controle estatístico do processo

2.3.1 Processo e controle: Definições

Por processo pode-se entender: (i) processo é qualquer passo ou conjunto de passos que estão envolvidos na conversão ou transformação de insumos em resultados (Davis, 2001), (ii) processo é um conjunto de causas que provoca um ou mais efeitos (Campos, 1992), ou seja, ele está diretamente relacionado ao processo de transformação de um item, que o proporcionará sair de uma fase inicial para uma fase posterior de transformação.

Por controle pode-se entender como uma ação ou seqüência de ações usadas para manter certo item, processo, etc., dentro de padrões pré-estabelecidos. O controle do processo é a condição básica para a manutenção da qualidade de bens e serviços, ou seja, nos permite medir o nível atual de qualidade de um produto, compará-lo com um padrão desejado e agir para corrigir as variações.

Em qualquer processo, a variabilidade, que em certo grau sempre existe, é devida a motivos ou causas próprias de cada operação. Esta variação presente nestas causas gera como resultado uma variação nos efeitos que pode ocorrer devido a dois tipos de causas:

- Causas comuns, aleatórias ou naturais.

–Causas especiais ou assinaláveis.

As causas comuns de variação têm como característica a previsibilidade de comportamento no futuro. Causas especiais de variação não fazem parte do processo o tempo todo, elas acontecem ocasionalmente, elas surgem devido a uma especificidade no processo e levam a obter resultados estranhos ao esperado cuja variabilidade é geralmente grande quando comparada à inerente ao processo. A variabilidade não pode ser eliminada, pois isto faz parte da natureza de todos os processos, ela pode sim ser conhecida e a partir daí controlada.

2.3.2 Processo: Controle Estatístico

O monitoramento dos processos implica em custos que se pagam facilmente, pois a qualidade agrega valor. O Controle Estatístico de Processos (CEP) fornece uma descrição detalhada do comportamento do processo, identificando sua variabilidade e possibilitando controlar esta ao longo do tempo. O CEP utiliza cartas de controle de processo, auxiliando na identificação de causas comuns e especiais de variação.

A qualidade do produto manufaturado depende, além das matérias-primas, da sistemática de monitoramento de parâmetros de interesse em seu processamento e de características do produto acabado. A satisfação do cliente deve ser encarada, por parte das organizações, como uma meta que possibilite garantir sua sobrevivência no mercado.

Então, os requisitos de qualidade devem, inicialmente, ser identificados e definidos quanto a seu conteúdo. Na seqüência, devem-se estabelecer procedimentos e sistemas para monitoramento e controle das variáveis relacionadas aos requisitos de qualidade inicialmente identificados pelos clientes. É nesse contexto que o CEP destaca-se como agente habilitador da garantia da qualidade demandada pelos clientes.

O CEP proporciona o controle da qualidade exercido durante a execução do processo, em tempo real. Desta forma, corrige-se a formação de defeitos ou não-conformidades nos produtos acabados. Ele privilegia uma estratégia preventiva de controle da qualidade, por consequência de uma estratégia de inspeção e detecção de erros durante a sua ocorrência, prevenindo a passagem de itens não-conformes no restante do processo.

A coleta de dados é realizada com uma freqüência pré-estabelecida (por exemplo, quarto amostras de cinco itens coletados de quinze em quinze minutos), sendo os resultados registrados graficamente nas cartas de controle. Cada ponto inserido na carta é comparado com os limites de controle (representam o padrão de qualidade do processo). Se os resultados

dos dados coletados estiverem fora do padrão de qualidade (isto é, fora dos limites de controle), tem-se um indicativo da presença de causas especiais atuando sobre o processo.

Quando corretamente implementado, o CEP promove melhorias na qualidade, produtividade e confiabilidade de produtos e processos, além da redução de custos decorrentes da má qualidade e, por conseguinte, do custo total do produto manufaturado, tendo ainda como finalidade promover a prevenção de defeitos, melhoramento da qualidade dos produtos e serviços, e redução de seus custos de fabricação através da aplicação de métodos estatísticos de controle da qualidade, conforme Montgomery (2001).

2.3.3 Causas: Comuns e Especiais

Quando se está analisando um processo produtivo, pode-se pensar que todos os itens produzidos são iguais (ou exatamente iguais). Contudo, graças às variações do processo, é percebido, quando se analisa o processo um pouco mais adentro, que essa afirmação não é verdadeira.

Um exemplo bem característico seria a análise da variável peso (ou temperatura, ou pressão, etc.) referente a certo item, onde se verificam certa variação no peso destes itens. A tabela 2.1 apresenta a quantidade em gramas em cem itens coletados num mesmo lote.

Tabela 2.1: Exemplo de dados para formulação do Histograma

Tabela de pesos de cartuchos (peso em gramas).									
158	156,5	158,5	174,5	163	168	158,5	169	163,5	151,5
169	149	151,5	176,5	163,5	156	160	166	155	163,5
166	155	153	175	167	154,5	155	163,5	159,5	156
153	159	160,5	163	163,5	157,5	166	157	160	160
163,5	155	163,5	165,5	156,5	151,5	167,5	157	154,5	166
157	160	163,5	167,5	163	163,5	156	153	157,5	155
165,5	165	157	164,5	155	153	157	163,5	151,5	152,5
151,5	155	160	152,5	159,5	152,5	152,5	160	152,5	152,5
157	159	171	165,5	157	166	162,5	171	158	152,5
150,5	168	159,5	163	160	158	152,5	159	157	159

Fonte: Autor

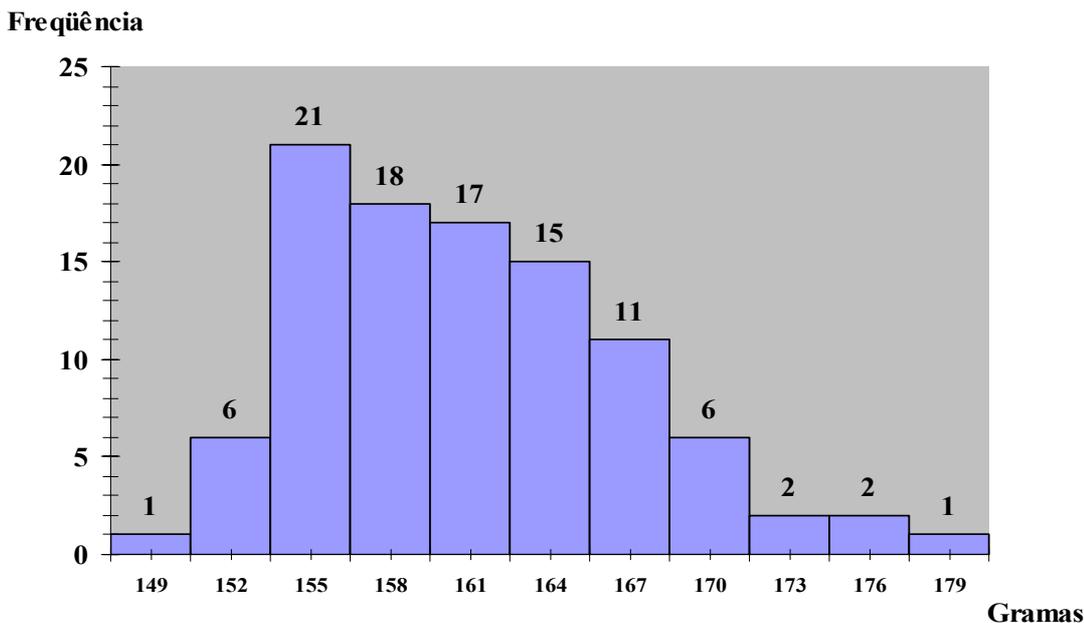


Gráfico 2.1: Exemplo de Histograma
 Fonte: Autor

O gráfico 2.1 apresenta o histograma da frequência de peso dos itens da tabela 2.1. A variabilidade do processo está relacionada com as diferenças existentes entre as unidades produzidas. Se a variabilidade for grande, as diferenças entre as unidades serão fáceis de observar, caso contrário, se for pequena, tais diferenças serão difíceis.

Toda variação pode ser decomposta em duas componentes: aquela que é inerente ao processo e, outra que pode surgir esporadicamente. A redução ou remoção da primeira (causas especiais) requer uma mudança no processo. Já a segunda (causas comuns ou aleatórias) pode ser identificada e eliminada de forma a não aumentar a variação por meio da identificação da causa dela. Além disso, a primeira pode ser quantificada e comparada com a quantidade de variação que é tolerável no processo e, por conseguinte, no produto. Se você está cortando diamantes, e alguém esbarrar em você, a “causa especial” pode se tornar “muito custosa”. Para tanto, em muitos processos, é importante entender as causas especiais de variação tão logo quanto elas ocorram para evitar maiores problemas.

Shewhart preocupou-se em estudar a variabilidade dos processos. Ele afirmava que todo e qualquer processo, por mais bem projetado e por mais bem controlado, possui em sua variabilidade um componente impossível de ser eliminado. A fonte da variação natural de um processo é um conjunto de pequenas causas que individualmente contribuem pouco para a variação total do processo. Sua remoção requer uma mudança na concepção e/ou na operação

do processo. Isto implica em investimento na melhoria ou troca do processo. Esse conjunto de pequenas causas é denominado causas comuns ou aleatórias.

Quando somente causas comuns agem num processo, ele apresentará um comportamento previsível, ou seja, será possível saber de forma segura o comportamento dele. Neste estado de operação, se dirá que o processo está sob controle estatístico e nenhum ajuste deve ser feito nele. Se por uma acaso algum ajuste for feito, essa ação somente irá aumentar a variação do processo, piorando a qualidade do produto ou serviço.

Entretanto, por vezes, quando o processo está operando normalmente, variações bruscas, que estão fora do padrão esperado, surgem. Isto ocorre porque uma causa não comum ao processo, conhecida como causa especial, surgiu. Ela torna o comportamento do processo fora do padrão esperado. Quando isto ocorre, ou o processo já está produzindo fora de controle estatístico ou tenderá a fazê-lo em breve. Deste modo, será necessário intervir no processo e identificar a causa especial a fim de eliminá-la de modo que o processo possa retornar comportamento esperado.

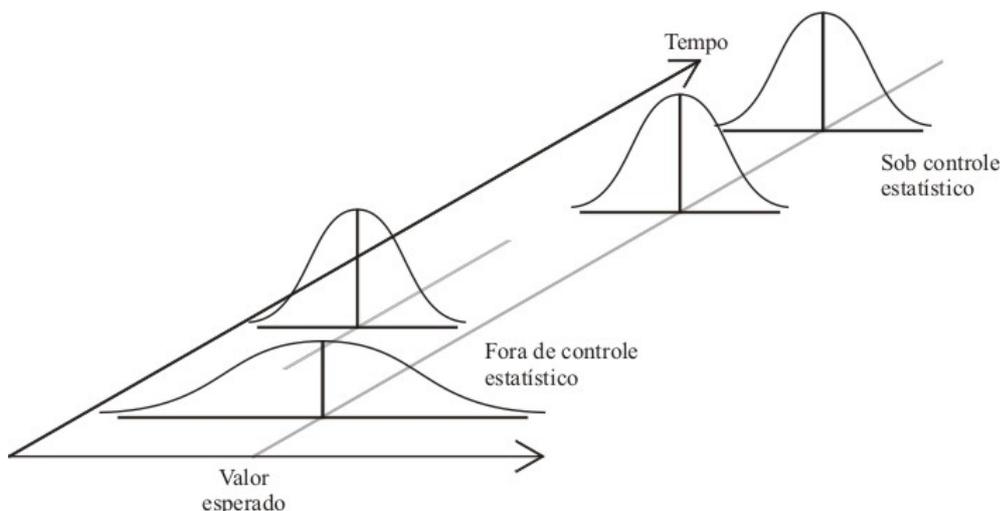


Figura 2.2: Causas comuns e especiais do processo
 Fonte: Adaptado de Montgomery (2001)

Segundo W. E. Deming (figura 2.3), as causas comuns representam por volta de 85% dos problemas existentes num processo, porém a remoção delas depende de uma ação da gerência sobre o sistema. Por exemplo, se um prensa hidráulica está desgastada e apresenta inúmeros desgastes, somente uma decisão da alta gerência poderá trocá-la ou consertá-la.

Já as causas especiais representam por volta de 15% dos problemas existentes num processo e a remoção delas pode ser feita no próprio local de trabalho por operários treinados

ou por equipes de manutenção. Por exemplo, a troca de uma ferramenta desgastada pode ser detectada pelo próprio operário e ele mesmo poderá trocar a ferramenta gasta.

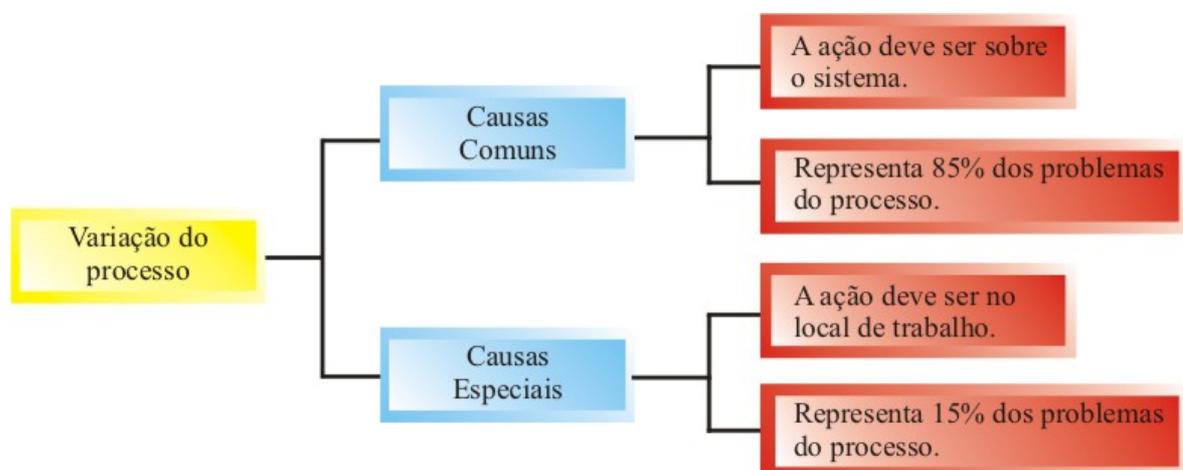


Figura 2.3: Variação do Processo
Adaptado de Deming (1990)

Shewhart desenvolveu e propôs uma ferramenta para acompanhar a variação dos processos. Com essa ferramenta seria possível ter controle sobre o processo e então identificar as variações quando elas estivessem ocorrendo. Os gráficos de controle (ou cartas de controle) indicam o desempenho do processo, em termos de sua variação, mediante o controle estatístico de uma variável ou atributo correlato a uma característica da qualidade do produto, subconjunto ou peça.

É necessário atentar que os gráficos de controle funcionarão como indicadores, ou seja, apenas mostram o estado do processo, sendo assim, eles não resolvem o problema. É preciso diagnosticar e propor ações sistemáticas sobre o processo. Por isto, será de extrema importância o conhecimento do processo que está sendo controlado.

2.3.4 Classificação por atributos ou por variáveis.

Avaliar a qualidade significa adotar uma classificação ou uma escala de medição que descreva os parâmetros da qualidade do produto. É preciso avaliar o que é mais significativo para a qualidade do produto, sendo economicamente inviável ou quase impossível à avaliação de todas as características da qualidade de um produto.

A divisão dessas características pode ser feita através de duas classes: por atributos e por variáveis.

Por atributos: são característicos de qualidade que resultam de uma operação de contagem do tipo, por exemplo, passa ou não passa, com defeito ou sem, ruim ou bom, etc. A pintura de um veículo, por pode conter defeitos ou não. A sua avaliação é representada em uma escala discreta.

Por variáveis: são característicos de qualidade que resultam de uma análise de variáveis como pressão, temperatura, peso, ou seja, que são mensuradas e analisadas mais precisamente. E seus resultados são apresentados em uma escala contínua.

A avaliação dos característicos da qualidade por atributos, geralmente, é mais econômica e rápida, porém é mais pobre em quantidade de informação que a avaliação por variáveis. Por exemplo, a avaliação de um item como “bom ou ruim”, é mais rápida e barata que a mensuração de “quão bom ou ruim” está o mesmo. Contudo, não é possível, no primeiro caso, avaliar a média e o desvio padrão do diâmetro de um furo, por exemplo, uma vez que não foi feita a medição de cada item.

Todo característico da qualidade que é expresso por meio de uma variável também pode ser transformada num atributo. Por exemplo, após medir um característico da qualidade é possível segregar as peças que estão não-conformes. Dessa forma, se estará procedendo a uma classificação das peças. Já o contrário, não é possível, ou seja, a partir de um grupo de peças segregadas não se obtém qualquer informação numérica, sendo necessária a sua reavaliação com instrumentos.

2.3.5 Subgrupos Racionais

Subgrupos racionais é a denominação que se dá ao conjunto de itens coletados que devem formar um subgrupo tão homogêneo quanto possível da produção do processo objeto do estudo. Esses itens devem refletir o processo e todas as suas características. Um gráfico de controle que realmente reflita a realidade depende fundamentalmente da formação adequada dos subgrupos racionais.

Para tanto, é preciso atentar para que cada amostra deva ser obtida em período de tempo relativamente curto e sob as mesmas condições de trabalho para que os dados resultantes reflitam perfeitamente a realidade.

Segundo Vieira (1999), para controlar um processo através de gráficos, é preciso maximizar a probabilidade de ocorrer variação entre as amostras e minimizar a probabilidade de ocorrer variação dentro das amostras.

O importante é que os dados sejam coletados em intervalos de tempo precisos e a frequência das amostras deve ser definida levando-se em conta o tamanho e a possibilidade da coleta, de modo a permitir um tempo de resposta rápido no processo.

Paranthaman (1990) afirma que não se pode estabelecer nenhuma regra geral, para a escolha do tamanho e a frequência do subgrupo, também chamado de tamanho de amostra. Esta pode ser classificada como:

–Amostra individual ($n = 1$): Quando um único dado já é representativo. A taxa de produção é baixa ou mesmo quando a avaliação é muito dispendiosa.

–Amostra pequena ou moderada ($n = 4, 5$ ou 6): As pequenas amostras são extraídas com elevada frequência nas empresas visando eliminar os efeitos dos itens defeituosos que poderão ser produzidos no período de retirada de uma amostra para outra. São utilizadas para detectar mudanças moderadas ou grandes, na média do processo.

–Amostra grande ($n > 10$): As grandes amostras são extraídas com uma frequência menor que as amostras moderadas, mas sua extração é mais significativa para avaliação dos dados. Essa coleta é utilizada para descobrir pequenas mudanças no processo.

Devem-se coletar dados em intervalos regulares, mas se aconselha ter muito cuidado para não haver manipulação dos dados por parte dos operadores, pois esses dados poderão estar sendo induzidos nos períodos de amostragem, evitando com isso que a mesma seja totalmente aleatória como se é desejado. Dependendo da amostragem não há necessidade de se coletar os dados em períodos regulares.

2.3.6 Frequência de Amostragem

Sabe-se da Estatística Amostral que quanto maior o tamanho da amostra, maior será a probabilidade de um parâmetro da amostra ser o próprio valor da população. Logo, quanto maior for o tamanho n da amostra maior será a precisão e, portanto, maior será a capacidade de detectar pequenas mudanças no processo.

Então, o ideal é tomar grandes amostras frequentemente. Assim, sempre se teria uma boa precisão. Entretanto, isto é praticamente inviável economicamente. Principalmente quando a avaliação de uma característica da qualidade implica em um ensaio destrutivo do produto, por exemplo: avaliar a resistência mecânica de um objeto.

A saída é escolher entre:

- i) Pequenos n a curtos intervalos de tempo.
- ii) Grandes n a intervalos de tempo maiores.

Assim, é possível chegar a um equilíbrio entre a precisão e custo relacionado para tanto. Deve-se, também, considerar, na frequência de amostragem, a chance de detectar aqueles fatores que podem introduzir uma causa especial no processo.

2.4 Apresentação e análise dos Gráficos de Controle

2.4.1 Conhecendo, estabilizando e ajustando o processo.

Para iniciar o monitoramento do processo através da construção dos gráficos de controle, deve-se conhecê-lo muito bem. É preciso conhecer todos os fatores que afetam a variabilidade do processo, sendo, esta etapa, considerada como a mais importante de todas que a precede.

O gráfico 2.2 mostra um exemplo no qual a variabilidade do processo não está tendo um comportamento estável, pois seus valores estão oscilando bem acima de uma amplitude máxima desejada, assim como apresentam certas tendências durante o processo.

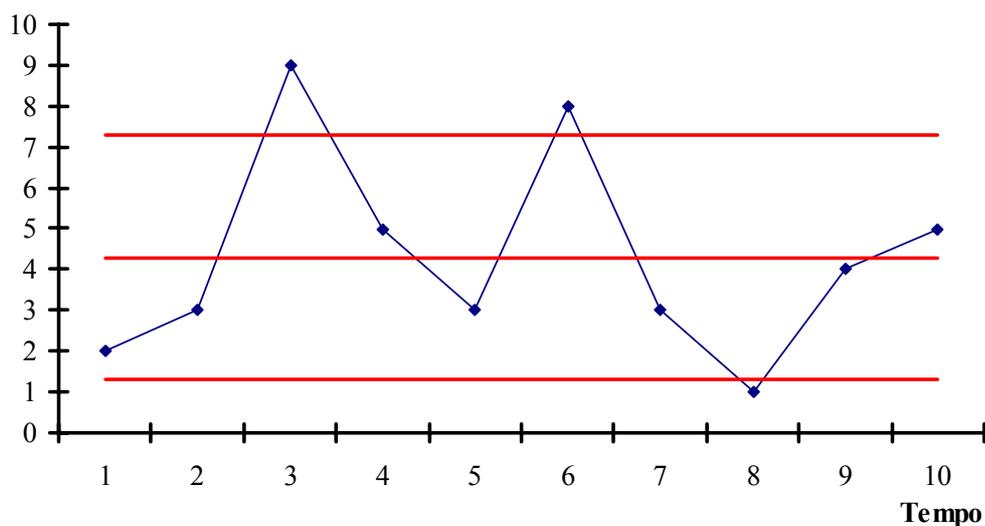


Gráfico 2.2: Exemplo de processo sob causas especiais

Fonte: Autor

Como é notável, o processo encontra-se sob efeito de uma série de causas especiais. Portanto, antes de construir os gráficos de controle é preciso identificar e eliminar as causas especiais que estão fazendo o processo sair do estado de controle estatístico.

Um estudo do processo, que envolve a coleta sistemática de informações qualitativas e quantitativas, de uma série de variáveis, é necessário para decidir, dentre os fatores listados,

quais os que efetivamente estão agindo sobre o processo. Uma vez diagnosticadas as causas especiais, o próximo passo consiste em eliminá-las.

A eliminação das causas especiais promove um processo cuja variabilidade passa a ser distribuída de forma totalmente aleatória em torno de um valor alvo, o que caracteriza um processo estável e ajustado. O gráfico 2.3 mostra um exemplo de como o processo pode se mostrar isento das causas especiais, onde há uma maior incidência de pontos mais próximos ao valor médio, e os pontos mais afastados são menos freqüentes.

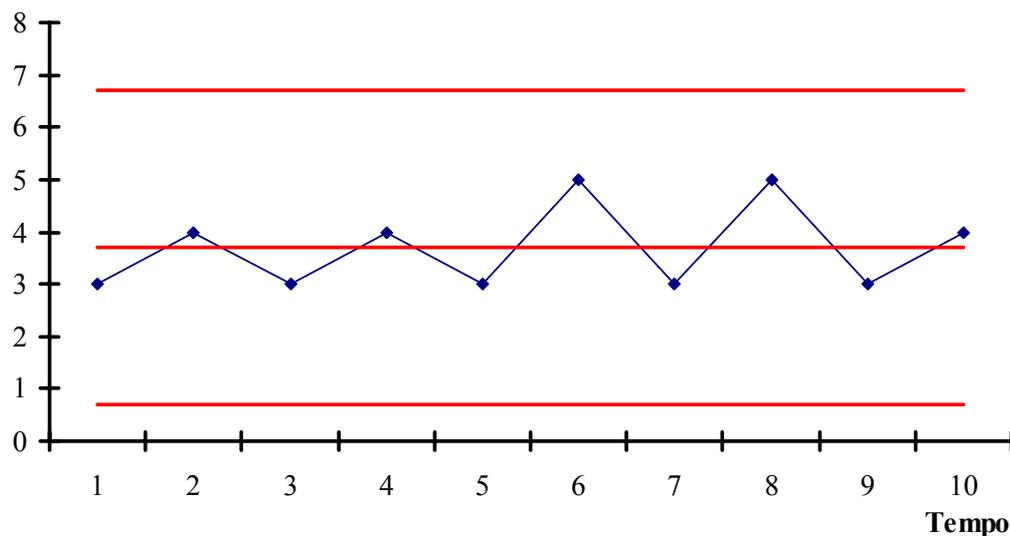


Gráfico 2.3: Exemplo de processo em controle estatístico
Fonte: Autor

O que se está verificando nesta etapa é uma melhoria da qualidade do processo. Há agora um processo caracterizado como controlado estatisticamente, o que representa ser livre de causas especiais. Isso traz uma serie de melhorias ao processo, tornando-o mais previsível e estável. O que economicamente é muito mais viável, visto que o processo não irá apresentar itens fora dos padrões de qualidade aceitáveis, acarretando na ausência de re-trabalhos e insatisfação do cliente.

2.4.2 Gráficos de Controle

Como já visto anteriormente, um gráfico de controle é uma representação visual de uma característica da qualidade medida ou calculada para uma amostra de itens, transposta em função do número da amostra ou de alguma variável indicadora do tempo.

O gráfico de controle consiste de uma linha média (LM), um par de limites de controle, representados um abaixo (Limite Inferior de Controle - LIC) e outro acima (Limite Superior

de Controle - LSC) da linha média, assim como valores do característico da qualidade traçados no gráfico. A linha média representa o valor médio do característico da qualidade correspondente à situação do processo, ou seja, é a média da estatística que está sendo controlada. O LIC e o LSC são determinados de forma que, se o processo está sob controle, então todos os pontos traçados no gráfico estarão entre estas linhas, formando uma área ou zona aleatória de pontos distribuídos em torno da linha média.

Tanto a linha central quanto os limites de controle são calculados a partir de uma estatística (média, mediana, fração de não-conformidades, etc.) relacionada a uma característica da qualidade de interesse para a satisfação do cliente. Por exemplo, pode ser estabelecido um gráfico de controle para controlar o volume de cerveja dentro das garrafas.

O limite superior de controle, a linha central e o limite inferior de controle do gráfico de controle são características do processo e não da especificação do produto/processo. Eles são os limites naturais do processo, algo como a carteira de identidade do processo. Erroneamente, algumas pessoas colocam no gráfico de controle os limites de especificação do produto.

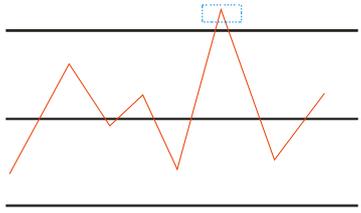
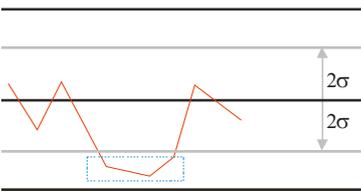
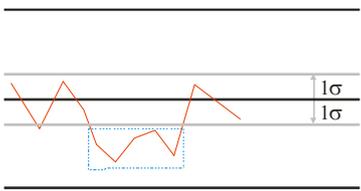
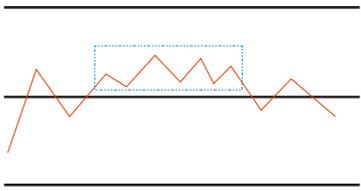
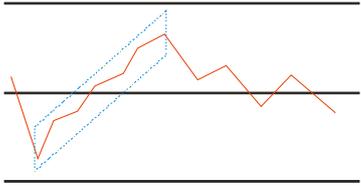
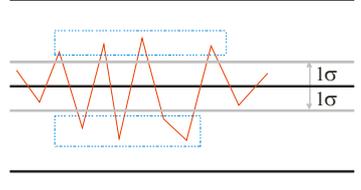
Quando o processo está sob controle estatístico, os dados coletados se distribuem aleatoriamente dentro dos limites inferior e superior. No entanto, quando uma causa especial ocorre, ela poderá ser prontamente identificada pela análise de uma ocorrência ou de um conjunto de pontos que tendem a sair para além da zona de controle. Logo, pela análise pontual ou da seqüência de pontos de um gráfico de controle é possível avaliar se um processo está sob controle estatístico ou não.

Para fazer essa avaliação, primeiro é necessário calcular os limites naturais do processo. Isso poderá ser feito por meio da estatística do processo. Quando não se dispõe desses dados, então, uma amostragem representativa do processo deve ser feita para o cálculo dos parâmetros necessários de acordo com o tipo de gráfico de controle a ser utilizado.

Após o cálculo dos limites naturais do processo e da definição da formação do subgrupo racional (tamanho e freqüência de coleta), será possível verificar se o processo está sob controle estatístico (somente sob influência de causas comuns).

2.4.2.1 Interpretação dos gráficos de controle

Alguns gráficos de controle apresentam padrões típicos de comportamentos não aleatórios, que podem caracterizar o processo como estando fora de controle. No quadro 2.1 são apresentadas algumas regras que mostram essas particularidades:

Regra:	Representação:
<p>1. Um ou mais pontos localizados fora dos limites de controle.</p>	
<p>2. Dois em três pontos consecutivos incidem, além do intervalo $\pm 2\sigma$, mas ainda dentro dos limites de controle.</p>	
<p>3. Quatro em cinco pontos consecutivos além dos limites de $\pm 1\sigma$.</p>	
<p>4. Sucessão de 6 ou mais pontos consecutivos de um só lado da linha central.</p>	
<p>5. Seqüência de 7 ou mais pontos consecutivos que aumentam ou diminuem de forma consistente</p>	
<p>6. Seqüência de 8 ou mais pontos consecutivos fora do intervalo de $\pm 1\sigma$ em torno da média, de qualquer lado.</p>	
<p>Outras: 10 em 11, 12 em 14, 14 em 17, 16 em 20 pontos consecutivos estão do mesmo lado da linha média.</p>	

Quadro 2.1: Algumas regras para interpretação dos gráficos de controle
 Fonte: Adaptado de Montgomery (2001)

2.4.2.2 Tipos de Gráficos de Controle

Existem dois tipos de Gráficos de Controle. Estes estão divididos em Gráficos de Controle para Variáveis e Gráficos de Controle para Atributos

O aspecto dos Gráficos de Controle muda de acordo com a natureza dos dados avaliados. Assim, os gráficos de variáveis registram as características mensuráveis do produto ou serviço - como peso, volume, dimensões, etc.; o gráfico da média ou \bar{X} e o da amplitude, ou gráfico **R**, são os mais usados entre todos os tipos de Gráficos de Controle, existindo também o gráfico **s**, que está relacionado ao desvio-padrão.

As características não mensuráveis – bom ou ruim, etc. – são registradas nos gráficos de atributos, cujos principais gráficos são: gráfico **p**, que controla a fração defeituosa dos itens produzidos; gráfico **np** controla a quantidade de artigos defeituosos num lote; gráfico **c** controla a quantidade de não-conformidades por item da amostra avaliada; o gráfico **u**, controla a quantidade média de defeitos por item.

2.4.3 Gráficos de Controle para Atributos

Atributos, como anteriormente já foram caracterizados, são característicos de Qualidade que resultam de uma operação de contagem do tipo, por exemplo, passa ou não passa, com defeito ou sem. Normalmente são avaliados através dos cinco sentidos, sem auxílio de equipamentos sofisticados. A pintura de um veículo, por pode conter defeitos ou não. A seleção do tipo de gráficos tem uma indicação precisa dependendo do tamanho da amostra e da quantidade de tipos de análise de defeitos por produto.

No quadro 2.2 são apresentados os critérios de seleção e as fórmulas usadas para os cálculos dos limites de controle de gráficos de controle por atributos.

Características de utilização.	Tamanho das amostras	Tipo de gráfico	Quantidade de defeitos avaliados por item	Fórmulas	
				Linha média	Limites de controle
Utilizado quando o característico de qualidade de interesse é representado pela proporção de itens defeituosos	“n” pode ser variável.	p “Fração defeituosa dos itens produzidos”	Apenas 1 ou, se forem mais, devem ser considerados como 1 só.	$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{\sum_{i=1}^m n_i}$	LSC = $\bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$ LIC = $\bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
	“n” precisa ser constante.	np “Quantidade de artigos defeituosos num lote”		\bar{np}	LSC = $\bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$ LIC = $\bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$
Utilizado para controlar o numero total de defeitos (independentes) que podem ocorrer numa unidade	“n” precisa ser constante. Normalmente de 1 a 5.	c “Não conformidade por item da amostra avaliada”	≥ 1 . Normalmente são inspecionadas muitas características com inúmeros defeitos.	$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{m}$	LSC = $\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$ LIC = $\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$
	“n” pode ser variável. Normalmente de 1 a 5.	u “Quantidade média de defeitos por item”		$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{\sum_{i=1}^m n_i}$	LSC = $\bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n_i}$ LIC = $\bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n_i}$

Quadro 2.2: Seleção de Gráficos de Controle por Atributos
 Fonte: Adaptado de Soares (2001)

Para o caso dos gráficos p e np é importante ressaltar que para a definição do tamanho das amostras, Juran (1993) recomenda que seja encontrado pelo menos um item não conforme em cada subgrupo / amostra.

Com relação ao tamanho variável de amostras o mesmo autor afirma que desde que os subgrupos não variem com relação ao tamanho médio dos subgrupos “n” em mais de 25%, estes podem ser considerados constantes e o valor “n” é substituído nos cálculos e pode-se utilizar desta forma o gráfico np que é mais fácil de construir.

Algumas vezes a inspeção é feita sobre 100% da produção. Neste caso as amostras não têm tamanho constante. Recomenda-se então fazer o gráfico de controle u que monitora o número médio de defeitos por unidade.

2.4.4 Gráficos de Controle para Variáveis

Como visto anteriormente os critérios de seleção do tipo de gráfico devem ser bem definidos. Para isso têm-se critérios: o primeiro é o do tamanho da amostra “n”. Esta variável, como já indicado anteriormente indica o tamanho das amostras que podem ser de tamanho variável ou de tamanho constante.

A variável m é o número de amostras e é um dado que indica o número mínimo de amostras que foram retiradas de toda a população em um determinado tempo.

No quadro 2.3 apresentam-se as opções possíveis para cada tipo de amostragem, o tipo de gráfico, seu uso típico, as vantagens de seu uso, desvantagens. Também na tabela 2.2, são apresentados os índices d_2 , d_3 e c_4 , mais utilizados.

Tipo de gráfico	Uso típico	Vantagens	Desvantagens	Sistema de amostragem	Limites de controle	
					Tipo de gráfico	Fórmulas
$\bar{X} - R$	Monitora a variação da Média e da Amplitude.	<p>É o mais conhecido e usado na prática.</p> <p>Apresenta facilidade na elaboração dos cálculos.</p> <p>Ótima visão do processo.</p>	<p>Indica com menor segurança a variabilidade do processo.</p> <p>Relação indireta entre Limites de Controle e Tolerância.</p>	<p>n < 10 e constante (normalmente entre 4 e 6)</p> <p>m = 20 a 25</p>	\bar{X}	$\left. \begin{aligned} \text{LSC} &= \hat{\mu}_0 + 3 \frac{\hat{\sigma}_0}{\sqrt{n}} \\ \text{LM} &= \hat{\mu}_0 \text{ ou } \bar{\bar{X}} \\ \text{LIC} &= \hat{\mu}_0 - 3 \frac{\hat{\sigma}_0}{\sqrt{n}} \end{aligned} \right\} (1)$
					R	$\begin{aligned} \text{LSC} &= \mu_R + 3\sigma_R = (d_2 + 3d_3) \cdot \hat{\sigma}_0 \\ \text{LM} &= \mu_R \text{ ou } \bar{R} \\ \text{LIC} &= \mu_R - 3\sigma_R = (d_2 - 3d_3) \cdot \hat{\sigma}_0 \\ &\text{ou "0" (para LIC < 0)} \end{aligned}$
$\bar{X} - s$	Monitora a variação da Média e do Desvio Padrão.	<p>Uma ótima visão da variação estatística do processo.</p> <p>Indica com maior segurança a variabilidade do processo.</p>	<p>Relação indireta entre Limites de Controle e Tolerância.</p> <p>Apresenta mais dificuldade operacional.</p>	<p>n > 10 e pode ser variável.</p> <p>m = 20 a 25.</p>	\bar{X}	(1)
					s	$\begin{aligned} \text{LSC} &= c_4 \hat{\sigma}_0 + 3 \hat{\sigma}_0 \sqrt{1 - c_4^2} \\ \text{LM} &= \mu_s \text{ ou } c_4 \hat{\sigma}_0 \\ \text{LIC} &= c_4 \hat{\sigma}_0 - 3 \hat{\sigma}_0 \sqrt{1 - c_4^2} \end{aligned}$

Quadro 2.3: Tipos mais Comuns de Gráficos de Controle por Variáveis

Fonte: Adaptado de Soares (2001)

Tabela 2.2: Constantes d₂, d₃ e c₄

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
d ₂	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078	3,173	3,258	3,336	3,407	3,472
d ₃	0,853	0,888	0,880	0,864	0,848	0,833	0,820	0,808	0,797	0,787	0,778	0,770	0,763	0,756
c ₄	0,798	0,886	0,921	0,940	0,952	0,959	0,965	0,969	0,973	0,975	0,978	0,979	0,981	0,982

Fonte: Costa (2004, p. 288)

Na prática, os primeiros limites que se calculam são geralmente provisórios, até que se tenha o processo sob controle. Com relação a estes limites é importante que sejam revistos periodicamente. Quando se verificarem mudanças técnicas nos estado do processo, devem ser feitas as revisões dos limites de controle.

A figura 2.4 apresenta o fluxograma que mostra a construção e utilização de Gráficos de Controle para variáveis.

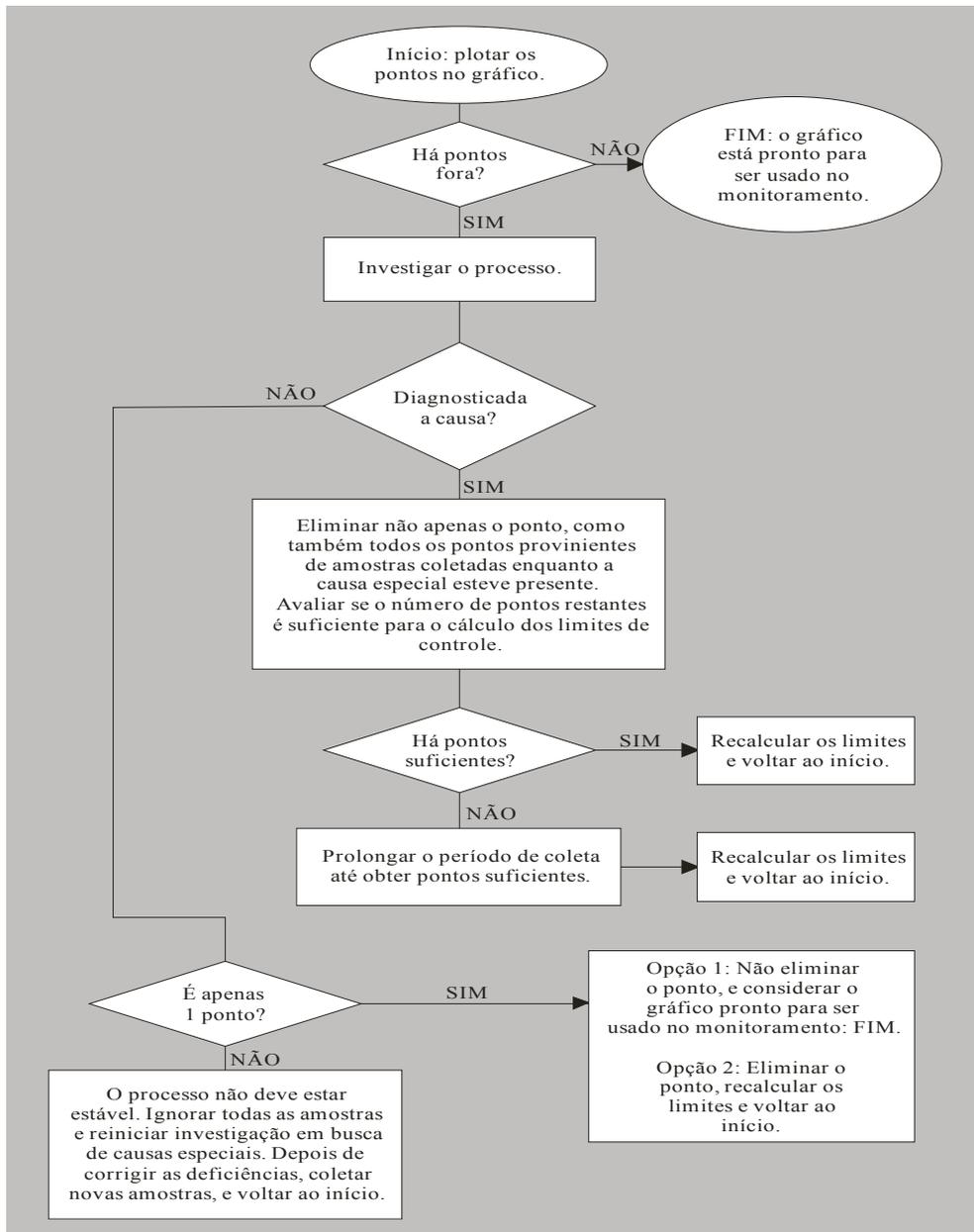


Figura 2.4: Estabelecimento de limites para o gráfico de controle

Fonte: Costa (2004, p. 52)

Inicia-se com a avaliação dos limites de controle experimentais. Eles permitem verificar se o processo estava ou não sob controle quando as m amostras preliminares foram selecionadas.

Se todos os pontos estiverem dentro dos limites de controle e nenhuma configuração especial (não aleatória) estiver presente, significa que o sistema estava sob controle no passado. Neste caso, os limites são apropriados para controlar a produção atual e futura.

Na segunda parte do fluxograma podem ser verificadas as providencias a serem tomadas na hipótese de um ou mais pontos estarem fora dos limites de controle. Neste caso é necessário revisar estes limites experimentais. Cada um dos pontos deve ser analisado e verificar as causas de variação assinaláveis responsáveis pela sua ocorrência.

Se uma causa assinalável for encontrada o ponto deve ser descartado e os limites de controle recalculados, obviamente usando somente os pontos remanescentes.

Segundo Montgomery (2001), a escolha por um controle sobre atributos ou variáveis pode ser feita pela figura 2.5.

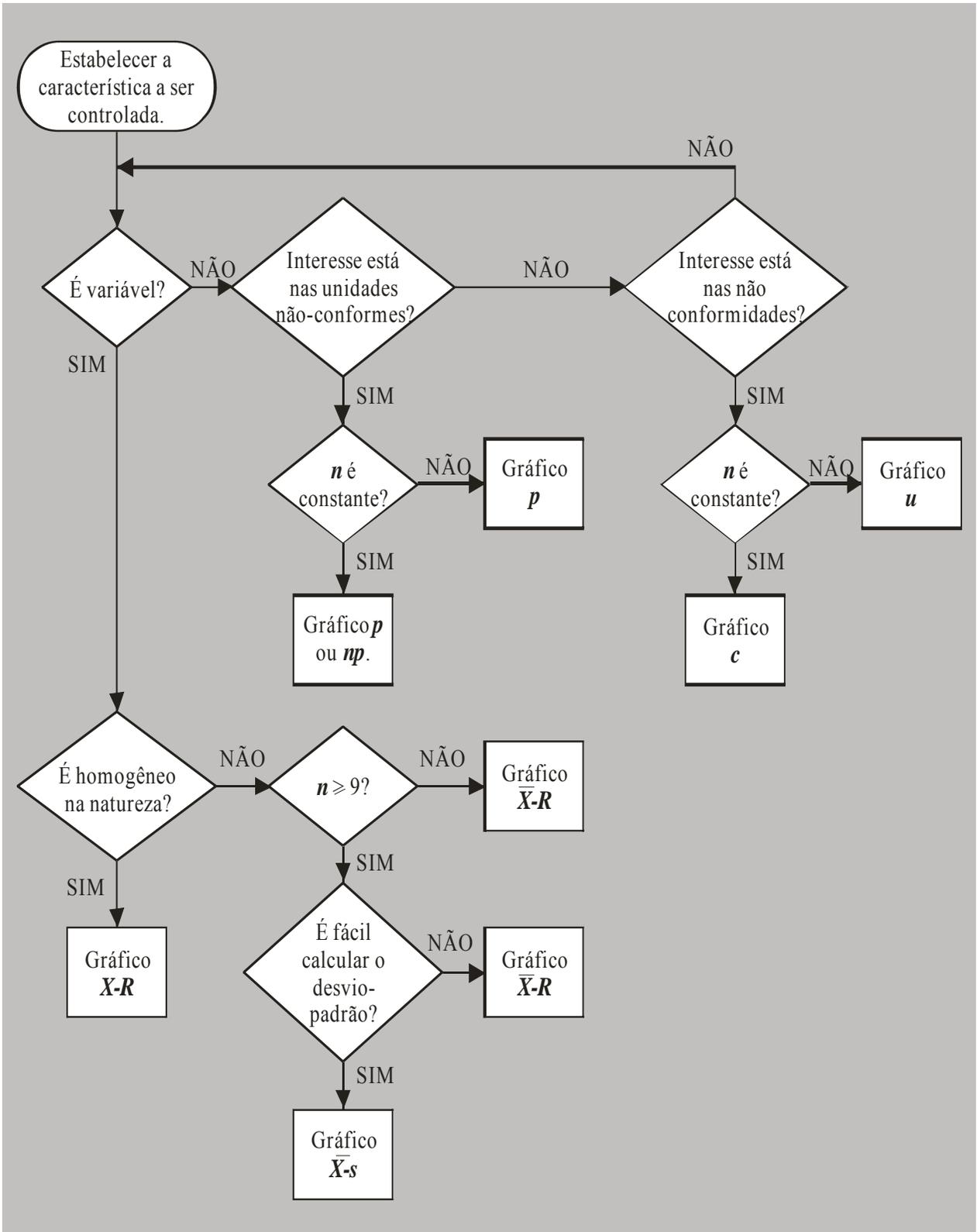


Figura 2.5: Procedimento para escolha do gráfico de controle.
 Fonte: Adaptado de Montgomery (2001)

2.5 CEP: benefícios

Deming (1990) afirmava que os custos totais da qualidade podem ser reduzidos através da melhoria dos processos, indo-se na direção da diminuição de defeitos produzidos e diminuição dos custos de prevenção e de inspeção. Portanto processo de alta qualidade é menos custoso que um de baixa qualidade. A alta qualidade não é uma despesa, ela é antes de tudo um investimento, especialmente quando é dada ênfase a prevenção de defeitos.

Pode-se destacar como sendo metas do CEP, de acordo com Deming:

- Melhoria da qualidade, melhor conhecimento do processo identificação de onde introduzir melhorias;
- Aumento da quantidade de produtos produzidos sob condições ótimas de produção;
- Redução do custo por unidade;
- Economia na redução do nível de produtos defeituosos, refugos e retrabalhos;
- Redução dos gargalos de produção e atrasos na entrega;
- Redução no número de reclamações dos consumidores.

2.6 CEP: desvantagens

Não existem desvantagens ligadas à implantação do CEP. O que se vê são insucessos na sua implantação e em algumas vezes, é posto em dúvida sobre os custos de sua implantação. No entanto, desde que o CEP seja bem implantado a empresa somente lucra com o procedimento e os efeitos colaterais maléficis quase não são perceptíveis.

As causas de insucesso estão ligadas basicamente à execução de forma ineficiente ou incompleta de etapas. Algumas destas causas são listadas por Deming (1990):

- Não envolvimento da diretoria e de todos os departamentos, ficando apenas ao chamado departamento de controle de qualidade esta responsabilidade;
- Não dedicação ao programa de maneira consistente e contínua, não sendo executado através de um cronograma pré-estabelecido;
- Seleção de característicos ou processos não merecedores do CEP e desconhecimento por parte da equipe de conceitos básicos de estatística ou de sua aplicação. Muitas vezes permanecendo na insistência da implantação do CEP em sistemas fora de controle;

- Não investigação das causas, e ainda confusão com relação a causas comuns e especiais;
- Programas de treinamento ineficientes, não padronização das tarefas operacionais e se imaginar que grandes resultados serão alcançados em curto espaço de tempo.

2.7 Capabilidade de Processos

Após verificar se um processo está sob controle estatístico ou não, é possível executar uma das análises mais importantes: a análise de capabilidade do processo.

O processo estar sob controle estatístico implica que os parâmetros estimados para o processo são confiáveis, uma vez que não existem causas especiais perturbando a variação natural do processo. Então, esses parâmetros (média, fração de não-conformidades, desvio padrão, amplitude, etc.) podem ser utilizados com um grau significativo de confiança.

A capabilidade de um processo demonstra, por meio de índices numéricos, quanto um processo é capaz de produzir um produto atendendo a dada especificação. Através do índice de capabilidade de um processo é possível avaliar o grau de satisfação das especificações de uma característica da qualidade.

Em produção, o termo “capacidade de processo” indica o nível de tolerância que ele é capaz de suportar em condições normais. Essas variações inerentes dão indicações da tolerância e dos limites estabelecidos pelo processo adotado.

A variação não pode ser reduzida sem uma melhoria substancial do próprio processo. Muitas vezes, por exemplo, as promessas feitas a um cliente, não podem ser mantidas com o processo existente, dado que seus limites são maiores do que os prometidos. O resultado é a produção de uma quantidade bastante alta de componentes fora da especificação, com custos adicionais inaceitáveis e baixa qualidade.

2.7.1 Interpretação

A capabilidade do processo poderá ser identificada e a partir de índices que relacionam o Processo e as Especificações, isto é será a comparação da realidade das medidas da produção com a promessa aos clientes de determinadas medidas.

A importância de se conhecer os limites naturais do processo reside no fato de que ele indica a variabilidade do processo, onde as causas especiais foram controladas o processo está sob controle estatístico.

Os Limites Naturais do Processo são definidos como os valores localizados a ± 3 desvios padrões de cada lado da média do processo. A tabela 2.3 resume como é determinada a estimação dos limites naturais quando feitos pela população e quando feitos pela amostra.

Tabela 2.3: Estimação do Limite Natural do Processo

Estimação	
População	Amostra
$\mu \pm 3\sigma$	$\bar{\bar{X}} \pm 3\hat{\sigma}$

Fonte: Adaptado de Vieira (1999)

Onde $\hat{\sigma}$ é obtido quando o processo estiver estável. No caso de Gráficos de Controle por Variáveis, em que d_2 e c_4 são valores tabelados e que dependem do tamanho da amostra “n”, esta

variável é obtida por:
$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\bar{s}}{c_4}$$

No caso dos Gráficos de Controle para Atributos são os próprios valores dos Limites que representam o percentual de defeitos no processo.

Existem duas formas de analisar se o processo é capaz ou não. Uma pode ser feita através da análise do histograma, onde representará um processo capaz se, não existirem valores abaixo ou acima dos limites inferior e superior de especificação, respectivamente (esse procedimento não é muito aconselhável porque a estimativa do desvio padrão do processo é mais confiável que somente a dispersão representada pelo histograma). Outra forma de se analisar a capacidade de um processo é por meio de seu índice de capacidade (Cp ou Cpk). O Cp ou Cpk calculado para o processo deverá ser classificado segundo os critérios do quadro 2.4:

Cp ou Cpk	Nível do Processo	Controle do Processo
$\geq 1,33$	A	Capaz – Confiável, os operadores do processo exercem controle sobre o mesmo, pode-se utilizar o gráfico de controle.
de 1 até 1,33	B	Razoavelmente Capaz – Relativamente confiável, os operadores do processo exercem controle sobre as operações, mas o controle da qualidade monitora e fornece informações para evitar a deterioração do processo.
$< 1,00$	C	Incapaz – O processo não tem condições de manter as especificações ou padrões, por isso, é requerido o controle, revisão e seleção de 100% das peças, produtos ou resultados.

Quadro 2.4: Intepretação do índice Cp ou Cpk

Fonte: Adaptado de Costa (2004)

O processo de cálculo os índices envolve a comparação entre os Limites Naturais do processo com os limites especificados (as especificações).

–Os Limites Naturais do processo são calculados por: $6\hat{\sigma}$

–Os Limites de Especificação são dados por: LSE – LIE.

O Índice de Capabilidade estará comparando a faixa padrão com a especificação da engenharia, neste sentido verifica se o processo é capaz de atender a esta especificação ou não.

O índice potencial do processo C_p , relaciona a faixa de variação permitida do processo com a faixa de variação real do processo, é determinado pela seguinte relação:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}}$$

No entanto o C_p não significa necessariamente atendimento às especificações, pois só se preocupa com a dispersão, podendo significar um Processo Capaz e mesmo assim o processo continuar produzindo refugos. Quando do cálculo do C_p implicitamente se assume que o processo está centrado no valor nominal da especificação, o que é uma idealização, pois se o mesmo não estiver centrado, a sua capacidade real será menor que o indicado por C_p . O índice que corrige esta distorção é o índice C_{pk} . Este é o índice de capacidade real do processo. É uma medida de dispersão e de posição. Existem várias fórmulas para determinação do C_{pk} , uma delas é a seguinte:

$$C_{pk} = \min\left(\frac{LSE - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}; \frac{LIE - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}\right)$$

Portanto o C_{pk} é escolhido pela simulação do limite de especificação mais próximo da média. Logo se o C_{pk} é igual ao C_p . Isto indica que o processo está centrado no valor nominal, mas no caso de ser menor do que o C_p o processo estará deslocado.

Dessa forma, é possível por meio de um índice rapidamente saber se um processo está apto (e quão apto uma vez que os níveis A e B produzem níveis de qualidade diferentes – ver quadro 2.4) a produzir ou prestar um serviço. Naturalmente que é bom lembrar que esse índice somente terá valor se o processo estiver sob controle estatístico. Por isso, cuidado com os cálculos do C_p ou C_{pk} antes da determinação, construção e verificação dos gráficos de controle para emissão do parecer de estabilidade estatística do processo.

2.8 Conclusão do capítulo

Neste capítulo, os conceitos fundamentais do Controle Estatístico de Processo foram apresentados, visando o melhor entendimento e explicação do assunto. Porém estes conceitos não são os únicos modelos de tratamento estatístico de processos, outros modelos existem e satisfazem a exigências principalmente quando se está com um sistema CEP já implantado e se desejam outros objetivos que tragam maior precisão ou tenham uma maior abrangência, como, por exemplo, o 6σ (Seis Sigma).

No próximo Capítulo será apresentado o estudo de caso realizado, onde foram aplicados os conceitos relacionados ao CEP aqui explanados.

3. ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO CEP EM UMA EMPRESA

Para atingir os objetivos deste trabalho, utilizou-se de um estudo de caso dentro de uma empresa, onde ainda não havia o Controle Estatístico do Processo (CEP), para verificar a variabilidade no peso num determinado processo de fabricação de sandálias. O controle do peso na etapa produtiva em questão, acarretaria em uma economia significativa de materiais (quando em excesso de peso) e diminuição dos defeitos causados pela falta de material (quando o material se encontrava abaixo do peso).

A empresa em questão será denominada Empresa X. Ela constitui-se de uma empresa de médio porte, localizada na região Nordeste, especializada na produção de sandálias de borracha. Ela possui cerca de 700 funcionários e tem uma produção média diária de 100 mil pares de sandálias, atendendo tanto o mercado nacional como internacional.

Este capítulo fará uma aplicação da ferramenta de controle estatístico de processos na Empresa X, buscando primeiramente explicar como funciona a fabricação da sandália. Posteriormente será explicado como é o processo em que foi aplicado o CEP e como foi realizada a coleta dos dados. Na seqüência, a interpretação dos resultados obtidos com a aplicação da ferramenta referida.

3.1 A fabricação das sandálias de borracha

Para se compreender melhor como todo o processo do estudo de caso se desenvolveu, é preciso compreender como uma sandália de borracha é produzida.

A matéria-prima das sandálias tradicionais é a borracha. Material este que é muito difícil de estabilizar na produção, pois se faz necessário aplicar correções químicas na preparação do mesmo para atingir o grau desejado de qualidade.

A fabricação de sandálias não é um processo fácil de ser controlado. Em geral, a fabricação usa uma quantidade de borracha pura misturada aos resíduos de borracha (refugo da produção reciclado), com a finalidade de controlar os custos de produção. Essa mistura dependerá do tipo de sandália que estará sendo produzida.

A produção de sandálias de borracha consiste basicamente em três etapas distintas, sendo estas:

- Fabricação e laminação do composto de borracha, a partir de uma receita elaborada com diversos produtos químicos entre os quais a própria borracha.
- Vulcanização da borracha em moldes com o formato e desenho das sandálias.
- Montagem da sandália com a colocação das tiras, acabamento e embalagem final.

3.2 A descrição do processo

Uma nova tecnologia na fabricação de sandálias está sendo desenvolvida na Empresa X e por isso tornou-se necessário analisar o processo e verificar se as condições de fabricação estavam estáveis e adequadas.

O processo de fabricação desta nova sandália é diferente das demais por, em sua vulcanização, ela já se moldar de forma semi-acabada para a montagem, o que nos outros modelos não acontece. Isso acarreta uma grande diminuição nos resíduos da produção e também a diminuição de algumas etapas de produção.

No início de sua elaboração, eram preparados cartuchos de borracha para serem postos nos moldes e então serem prensados. Porém foi verificada uma grande variabilidade no peso dos mesmos, e mesmo com diversos ajustes, a máquina que os preparava não conseguia estabilizar uma margem de pesos apropriada, gerando alta variabilidade no peso dos mesmos.

Era necessário, para garantir um processo economicamente capaz e de qualidade aceitável, que esta variação de peso fosse controlada. Inicialmente foram feitos alguns *brainstormings* e construídos gráficos de Ishikawa para encontrar os problemas de variação dos cartuchos, onde se chegou a conclusão que a máquina responsável pela sua modelagem não conseguia estabilizar uma margem segura para o peso dos materiais. O gráfico 3.1 mostra a variação em cerca de 35 gramas no peso dos cartuchos.

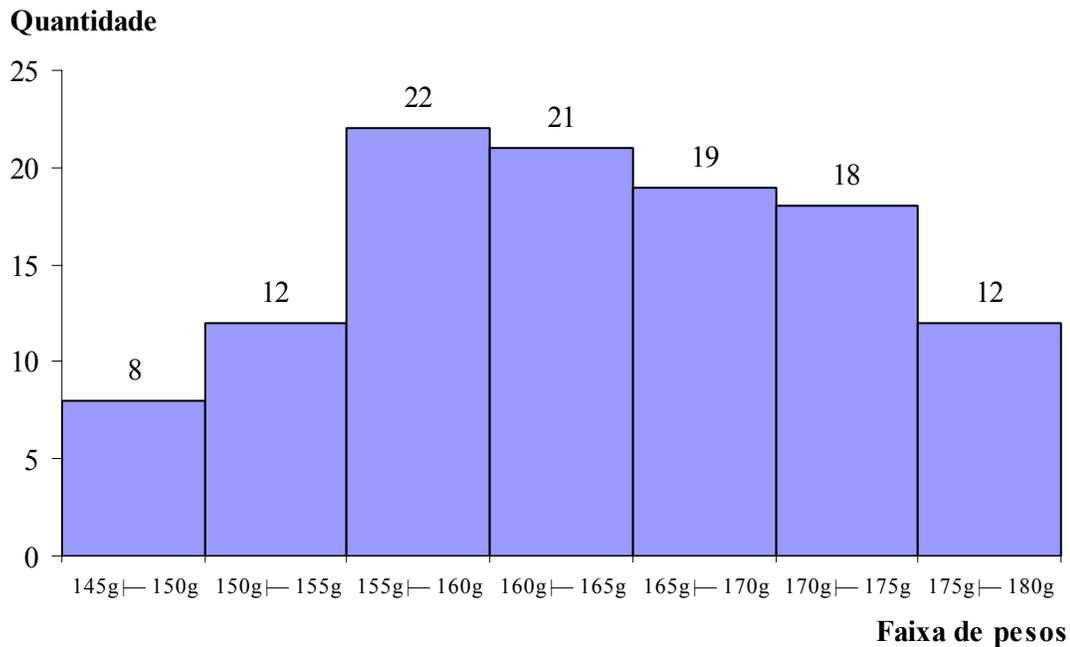


Gráfico 3.1: Variação em gramas dos pesos dos cartuchos na fábrica de sandálias de borracha
Fonte: Autor

Um dos maiores problemas, era a grande variação do peso. O Laboratório da fábrica, que controla a qualidade do material, estabelece uma variação de cerca de 4 gramas (± 2 gramas) como ideal para que a produção se baseie na preparação dos cartuchos. Já a Engenharia considera para as especificações dos cartuchos uma variação de até 15 gramas ($\pm 7,5$ gramas), pois, segundo ela, essa margem é suficiente para garantir o produto e não aumentar demasiadamente a dificuldade da operação. Sendo eles muito leves, ocorre a falta de material, enquanto que cartuchos muito pesados acarretam uma enorme quantidade de rebarba, ou seja, de material excedente.

3.3 Análise do processo e Resultados

A busca pela estabilidade do peso dos cartuchos, e a impossibilidade da máquina responsável pela fabricação dos mesmos em padronizar os pesos, fizeram com que se partisse para outro método de fabricação. O método inicialmente proposto foi a preparação dos cartuchos mecanicamente, com o auxílio de uma guilhotina. Para a surpresa da alta administração e dos próprios colaboradores do setor, este processo mostrou mais estável, mas somente após uma

análise mensurada das dimensões dos cartuchos, ou seja, a adequação das dimensões dos cartuchos para cara número de pé.

O trabalho posterior foi de treinamento dos colaboradores sobre o CEP e métodos de trabalho para que fossem seguidas as dimensões pré-estabelecidas, a fim de minimizar as possíveis variabilidades na preparação dos cartuchos, pois houve uma grande resistência em adoção do novo método.

Após a preparação e mensuração desta análise inicial, estudos estatísticos foram propostos com a finalidade de monitorar o peso dos cartuchos neste novo processo produtivo, reduzirem os índices de refugo e retrabalho e reduzir na variabilidade das características de qualidade do produto produzido.

Foram feitos diversos histogramas para mostrar a diminuição significativa da variabilidade do processo, onde resultados expressivos de variações de até 10 gramas (± 5 gramas) foram obtidas. No entanto, ainda não se conseguira as metas propostas pelo Laboratório da empresa (apesar das metas já se encontrarem dentro da proposta da Engenharia), mas já se encontrava bem próximo das mesmas. As amostras retiradas baseavam-se em retirar certa quantidade de cartuchos dentro de certo intervalo de tempo. Como exemplo, é mostrado na tabela 3.1 a retirada de 32 grupos de tamanho 4 para um devido turno de trabalho.

Tabela 3.1: Amostras (pesos em gramas) retiradas num turno de trabalho

Hora	i	X _{i1}	X _{i2}	X _{i3}	X _{i4}	Hora	i	X _{i1}	X _{i2}	X _{i3}	X _{i4}
1	1	133	131,5	132	135	5	17	132	136	133,5	131,5
	2	135	132,5	132	130,5		18	131	133	136	129,5
	3	132	130,5	131,5	132		19	132,5	132	133	131
	4	131	133,5	135	130,5		20	131	133,5	133,5	132
2	5	135	135	133	131	6	21	135,5	134,5	136	129,5
	6	131	133,5	133,5	132		22	130,5	137	136	133
	7	130,5	137	136	133		23	128	134,5	128,5	131
	8	129	132	136,5	129,5		24	129	135	136,5	129,5
3	9	129,5	133	132	129,5	7	25	132	136	133,5	132,5
	10	127	132,5	128,5	131		26	129,5	133	133	129,5
	11	132	130,5	128	136		27	131	133	136	129,5
	12	131	133,5	133,5	132		28	131	133,5	133,5	132
4	13	132,5	134,5	136	129,5	8	29	132,5	134,5	136	129,5
	14	131,5	132,5	129,5	134		30	133	131,5	134	137
	15	131,5	131,5	129,5	132		31	135	135	133	131
	16	128,5	134,5	128,5	131		32	132	130,5	128,5	136

Fonte: Autor

Os limites de controle calculados, a partir da tabela 3.1, para a construção das cartas de controle \bar{X} e R estão dispostos a seguir (com d_2 e d_3 retirados da tabela 2.2):

$$LSC_R = (d_2 + 3 \times d_3) \hat{\sigma}_0$$

$$LIC_R = (d_2 - 3 \times d_3) \hat{\sigma}_0$$

$$LSC_R = (2,059 + 3 \times 0,880) \times 2,31989$$

$$LIC_R = (2,059 - 3 \times 0,880) \times 2,31989$$

$$LSC_R = 10,90$$

$$LIC_R = -1,34786 = 0$$

$$LSC_{\bar{x}} = \hat{\mu}_0 + 3 \times \frac{\hat{\sigma}_0}{\sqrt{n}}$$

$$LIC_{\bar{x}} = \hat{\mu}_0 - 3 \times \frac{\hat{\sigma}_0}{\sqrt{n}}$$

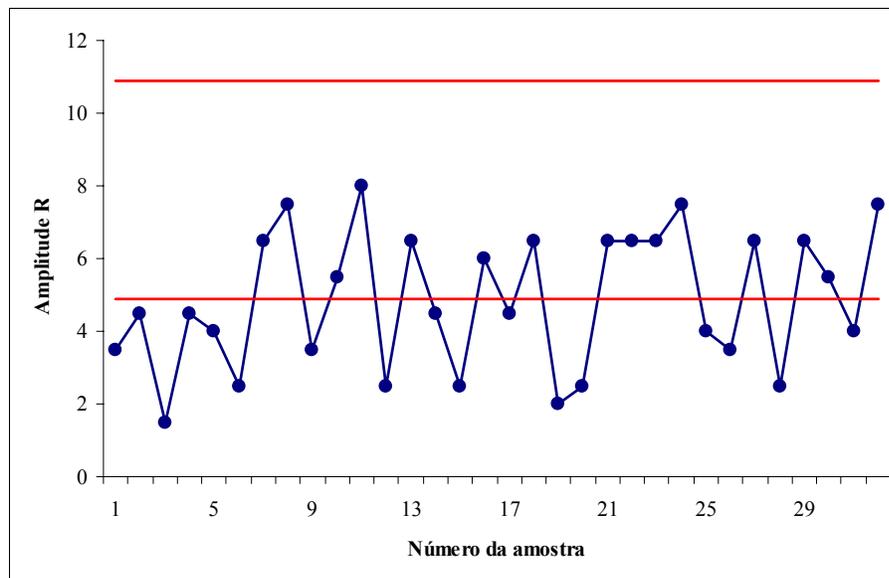
$$LSC_{\bar{x}} = 132,38 + 3 \times \frac{2,31989}{\sqrt{4}}$$

$$LIC_{\bar{x}} = 132,38 - 3 \times \frac{2,31989}{\sqrt{4}}$$

$$LSC_{\bar{x}} = 135,85$$

$$LIC_{\bar{x}} = 128,90$$

Os gráficos são os seguintes:



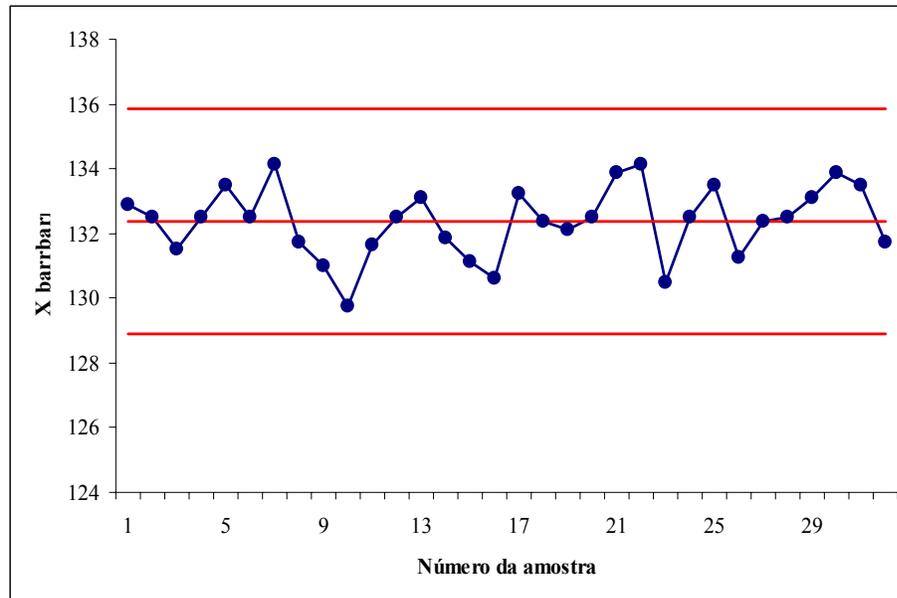


Gráfico 3.2: Gráficos \bar{X} e R iniciais da amostra

Fonte: Autor

Através dos gráficos foi possível analisar que o material apresentava uma série de comportamentos não aleatórios (conforme quadro 2.1, apresentado no Capítulo 2 deste trabalho, onde estão representadas algumas regras para interpretação dos gráficos de controle) o que inferia ainda num descontrole do processo, mesmo ele estando dentro dos limites de controle.

Assim, uma série de ações foi adotada para tentar controlar a variável peso. Ajustes nas máquinas que visou aumentar a precisão no corte dos cartuchos de borracha, precisão esta pretendida para melhorar as régua usadas na medição; melhorar as lâminas para promover um corte melhor e a troca de algumas peças por novas como o acrílico que envolve as lâminas (o envolvimento é feito por questões de segurança) com a finalidade de promover uma melhor visualização do operador no posicionamento das tiras de borracha, assim como também foram intensificados debates com os operadores envolvidos sobre como melhorar a maneira de se fazer o serviço. Propôs-se a disponibilização do material adequado para eles; conscientização da importância do trabalho deles no corte do cartucho, pois diminuiria a variação do peso e perda do material, e intensificação das inspeções para verificar se o peso e as dimensões dos cartuchos estavam sendo mantidas e estabilizadas, visando prover melhorias no processo. Após algumas semanas de testes, obteve-se variações de 7 gramas ($\pm 3,5$ gramas), sendo os seguintes resultados apresentados na tabela 3.2.

Tabela 3.2: Amostras (pesos em gramas) retiradas num turno de trabalho

Hora	i	X _{i1}	X _{i2}	X _{i3}	X _{i4}	Hora	i	X _{i1}	X _{i2}	X _{i3}	X _{i4}
1	1	132	133,5	134,5	136	5	17	130	135	134,5	131,5
	2	131,5	133	130	135		18	131	132,5	132	130
	3	132	134	131,5	133		19	132,5	132	133	136
	4	130	132	133,5	132,5		20	130	132	133	136
2	5	131	133,5	133,5	133	6	21	130	130,5	133	129
	6	136	132,5	131	137		22	132,5	135	130,5	133
	7	135	131	131	131,5		23	131,5	132,5	130	134
	8	129	134	135,5	135		24	130	136	135	131
3	9	132	133	129,5	129,5	7	25	131	133	132,5	131,5
	10	135	131	130,5	132,5		26	130	133	133,5	132
	11	134,5	134,5	129,5	134		27	135,5	133	135	129,5
	12	131	131	133,5	131,5		28	131	133,5	132	131
4	13	134,5	132,5	130,5	136	8	29	136	134,5	132	129,5
	14	131,5	132,5	130,5	134		30	130,5	131,5	132	134
	15	135	133	129,5	133		31	135	133	132,5	130,5
	16	129,5	133,5	133	132,5		32	132,5	132	130	132

Fonte: Autor

$$LSC_R = (2,059 + 3 \times 0,880) \times 1,887911 \quad LIC_R = (2,059 - 3 \times 0,880) \times 1,887911$$

$$LSC_R = 8,87$$

$$LIC_R = -1,09688 = 0$$

$$LSC_{\bar{x}} = 132,38 + 3 \times \frac{1,887911}{\sqrt{4}}$$

$$LSC_{\bar{x}} = 132,38 - 3 \times \frac{1,887911}{\sqrt{4}}$$

$$LSC_{\bar{x}} = 135,30$$

$$LSC_{\bar{x}} = 129,64$$

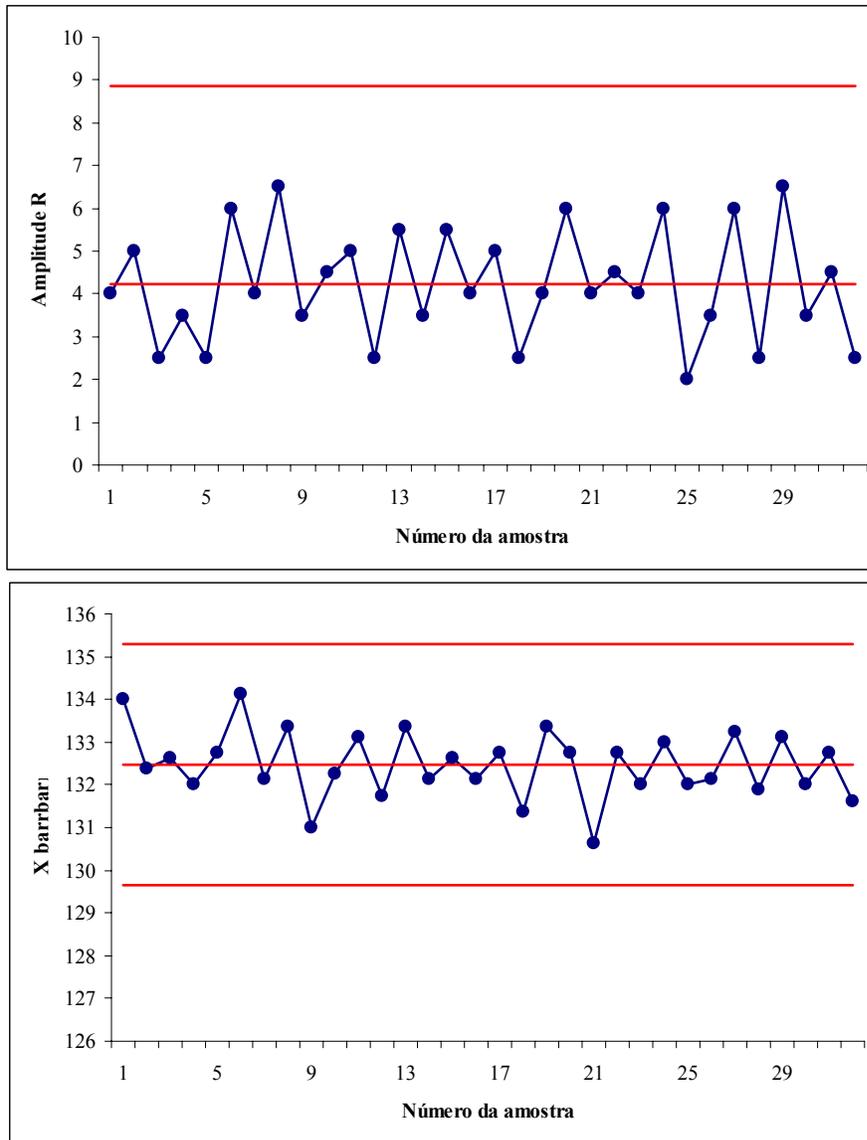


Gráfico 3.3: Gráficos \bar{X} e R após modificação da amostra
 Fonte: Autor

Os gráficos 3.3 mostram um controle do processo bem mais apurado. Há algumas tendências (conforme quadro 2.1, apresentado no Capítulo 2 deste trabalho) ainda a serem controladas, mas devido à matéria-prima, por sua vez, já ser bastante difícil de estabilizar (borracha), os resultados obtidos já se tornam bastante satisfatórios tanto para a produção quanto para o laboratório.

Após o estudo das variações do processo, com base nas orientações apresentadas no Capítulo 2, no tópico sobre a Capabilidade do Processo, ela pode ser mensurada. Os índices de especificações definidos pela engenharia, para o tipo de cartucho analisado, são de 140g (LSE) e

125g (LIE) devido a Engenharia considerar essa faixa bastante satisfatória, neste tipo de cartucho, para a produção. Assim tem-se:

$$C_{pk} = \min\left(\frac{LSE - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}; \frac{LIE - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}\right); \quad C_{pk} = \min\left(\frac{140 - 132,47}{3 \times 1,887911}; \frac{125 - 132,47}{3 \times 1,887911}\right);$$

$$C_{pk} = \min(1,329043; -1,31939^*); \quad C_{pk} = \min(1,33; 1,32);$$

* = considera-se o módulo.

Cpk = 1,32.

Este resultado, segundo o quadro 2.4, apresentado no Capítulo 2 deste trabalho, onde está representado a interpretação do índice Cp ou Cpk, indica um processo relativamente confiável, onde os operadores do processo exercem controle sobre as operações, mas o controle da qualidade monitora e fornece informações para evitar a deterioração do processo.

Ao se fazer uma comparação com o índice Cp tem-se:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}}; \quad C_p = \frac{140 - 125}{6 \times 1,887911}; \quad C_p = 1,324215$$

Cp = 1,32.

Este resultado, da comparação entre Cpk e Cp serem praticamente iguais, indica que o processo está centrado no valor nominal, o que mostra ser bastante satisfatório para os resultados, pois se levando em conta que o índice Cp mede a dispersão do processo com relação aos limites de especificação sem levar em conta a localização da média do processo, é possível que se tenha uma porcentagem de itens fora das especificações, mesmo com um Cp alto, devido a uma localização da média do processo suficientemente próxima ao limite de especificação, já o índice Cpk, determina a distância entre a média do processo e o limite de especificação mais próximo. Então, se o processo possui um baixo Cpk, então o índice Cp deve ser verificado para determinar

se a variabilidade é demasiadamente alta. Se C_p é próximo ao valor de C_{pk} , então a locação do processo não representa um problema.

Com relação à economia obtida, o nível de material prensado com os novos cartuchos que apresentaram problemas diminuiu de 35% para cerca de 12% (sandálias com problemas após a prensagem), sendo este dado fornecido após estudos do Laboratório comparando os resultados antes e após o desenvolvimento do trabalho.

Com relação aos operadores, os treinamentos oferecidos partiram desde conceitos mais simples, como os conceitos de processo, controle, qualidade, etc., até o próprio estudo do CEP, que foram apresentados a eles pelos colaboradores dos setores de Engenharia Industrial, Laboratório, PCP e Produção. Os treinamentos partiram do aval da alta gerência com o intuito de promover a instrução e capacitação adequada dos funcionários do setor que participava da fabricação das sandálias de borracha. Estes treinamentos duraram cerca de 8 semanas, com aulas de 1 a 2 vezes por semana. Essas aulas mostraram tanto na teoria quanto na prática como os assuntos abordados se aplicavam. As aulas se mostraram muito interessantes com relação ao desenvolvimento dos operadores. Foi notória a percepção deles de como era importante a sua dedicação para que o trabalho fosse realizado.

3.4 Conclusão do capítulo

Neste capítulo foi apresentada a introdução no processo de produção, com relação ao característico peso da Empresa X, do Controle Estatístico de Processo. A questão do treinamento e de debates foi de extrema importância para que houvesse um desenvolvimento adequado do estudo.

Os resultados obtidos após a análise dos dados mostraram um processo relativamente confiável, e ainda, foi possível indicar, através do estudo da capacidade, que o está centrado no valor nominal, o que mostra ser bastante satisfatório para os resultados.

Tais resultados se tornaram bastantes significativos para a empresa em questão, pois se mostraram economicamente (quando se relaciona a economia obtida durante a aplicação do CEP) e culturalmente (quando se relaciona aos cooperadores e a própria empresa) importantes para o desenvolvimento do trabalho.

4. CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as conclusões obtidas com o estudo das ferramentas da qualidade e do Controle Estatístico de Processo em uma aplicação prática em uma empresa de calçados.

4.1 Conclusões Gerais sobre o trabalho

Neste trabalho buscou-se apresentar uma visão geral da questão da qualidade e da utilização do Controle Estatístico do Processo (CEP) como ferramenta de análise. Foram apresentadas as características principais dos Gráficos de Controle mais utilizados, os índices de capacidade de um processo, cuidados que devem ser tomados na sua aplicação e um estudo de caso demonstrando a aplicação do CEP.

Selecionou-se para o estudo uma empresa na área de calçados (fabricante de sandálias). Sendo a linha de produção escolhida, uma linha nova, diferente das demais, por se tratar de um produto novo, moderno e revolucionário.

Para que houvesse sucesso na produção deste novo material, foi necessário muito empenho de todos envolvidos, pois, inicialmente, a produção do mesmo acarretava em grandes custos relacionados a materiais retrabalhados e desperdícios. A introdução do CEP na linha de produção promoveu um grau de controle e análise bastante satisfatório para a empresa.

Os desafios encontrados durante o trabalho foram de adaptação e instrução dos colaboradores, assim como ajustes e manipulações das máquinas (que foram de extrema importância para a precisão do peso do material). A introdução do CEP fez com que houvesse uma dedicação de todos envolvidos, desde treinamentos até a execução. O interessante é que após várias sessões de treinamentos, os usuários se motivaram a contribuir com a meta de controlar o processo produtivo.

Para que o CEP seja eficientemente incorporado nas linhas de produção das empresas, é necessário que haja o comprometimento de todos com a qualidade do produto. É de extrema importância a dedicação e seriedade no trabalho para o sucesso do estudo.

Os resultados foram aparecendo de acordo com o desenvolvimento do trabalho, a experiência do autor com o CEP dentro da empresa auxiliou na sua formação e compreensão de

alguns conceitos. Este trabalho, apesar de ter tido um tempo limitado, permitiu obter uma visão geral de como o controle da qualidade é importante e como é utilizado nas empresas.

Por fim, o trabalho mostrou-se de grande importância para a conclusão do curso de graduação no curso de Engenharia da Produção da Universidade Federal de Pernambuco, pois conseguiu agregar os conhecimentos e aprendizados obtidos durante todo o curso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPOS, V. Falconi. *Controle de qualidade total*. Rio de Janeiro: Block, 1992.
- COSTA, Antonio Fernando Branco. *Controle Estatístico de Qualidade*. São Paulo: Atlas, 2003.
- DAVIS, M. M.; AQUILLO N. J.; CHASE R. B. *Fundamentos da administração da produção*. 3ª. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- DEMING W. Edwards. *Qualidade: a revolução da administração*. Rio de Janeiro: Saraiva, 1990.
- GARVIN, David A. *Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.
- JURAN, J. M.; GRYNA, F. M. *Controle da qualidade: handbook*. 4ª. Ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1993.
- MONTGOMERY, D. C. *Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade*. 4ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- PALADINI, E. Pacheco. *Qualidade total na prática: implantação e avaliação de sistemas da qualidade total*. São Paulo: Atlas, 1997.
- PARANTHAMAN, D. *Controle da qualidade*. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.
- RODRIGUES, Marcus Vinícius Carvalho. *Ações para a qualidade: GEIQ, gestão integrada para a qualidade: padrão seis sigma, classe mundial*. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2004.
- SOARES, Gonçalo M. V. P. Paula. *Aplicação do controle estatístico de processos em indústria de bebidas: um estudo de caso*. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – UFSC.
- VIEIRA, Sonia. *Estatística para a qualidade*. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1999.
- WERKEMA, Maria Cristina. *As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1995.