

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE
PROCESSO PARA ANÁLISE DE SOBREPESO DE UMA
LINHA DE DESODORANTES EM UMA INDÚSTRIA DE
HIGIENE PESSOAL**

Felipe Cabral Ribeiro
Orientadora: Gisele Cristina Sena da Silva
Co-orientadora: Maria Auxiliadora do Nascimento Mélo

Recife, março de 2007

Felipe Cabral Ribeiro

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE
PROCESSO PARA ANÁLISE DE SOBREPESO EM UMA
LINHA DE DESODORANTE EM UMA INDÚSTRIA DE
HIGIENE PESSOAL**

Monografia apresentada à
graduação de Engenharia de
Produção da Universidade
Federal de Pernambuco como
requisito para a conclusão do
curso de graduação

Orientadora: Gisele Cristina Sena da Silva
Co-orientadora: Maria Auxiliadora do Nascimento Mélo

Recife, março de 2007

R484a **Ribeiro, Felipe Cabral.**

Aplicação do controle estatístico de processo para análise de sobrepeso de uma linha de desodorantes em uma indústria de higiene pessoal. – Recife: O Autor, 2007.

74 folhas. : il. ; fig., tabs.

Monografia (TCC) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia de Produção, 2007.

Inclui Bibliografia.

1. Engenharia de produção. 2. Controle estatístico de processo – Indústria de higiene e beleza. 3. Indústria de higiene e beleza. I. Título.

658.5CDD (22.ed.)

UFPE
BCTG/2006-046

AGRADECIMENTOS

A professora Gisele, pela orientação neste trabalho e por todo apoio durante o curso de graduação.

A todos os meus amigos e familiares, que sempre me apoiaram durante este período de graduação.

A empresa estudada, por ter oferecido a oportunidade de realizar este estudo.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso em uma indústria fabricante de produtos de higiene e beleza, onde tentou-se, através da utilização do Controle Estatístico de Processo, analisar a problemática da alta variabilidade. Primeiramente será feita uma breve abordagem sobre o conceito de qualidade e controle estatístico do processo. Em seguida será apresentado um estudo de caso onde será mostrado através da análise dos dados coletados em uma linha de desodorantes o real problema de sobrepeso. Em cima disso foram geradas algumas ações com o objetivo minimizar o problema. Os resultados encontrados após a implantação das ações foram bastante positivos, no entanto verificou-se ainda a permanência de uma alta variabilidade tornando necessário o prosseguimento na melhoria do processo.

Palavras Chave: Controle Estatístico de Processo, variabilidade, sobrepeso.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	9
1.1 Problemática.....	9
1.2 Justificativa.....	9
1.3 Objetivo do Trabalho.....	10
1.3.1 Objetivo Geral.....	10
1.3.2 Objetivos Específicos.....	10
1.4 Estrutura do Trabalho.....	10
2. Fundamentação Teórica.....	12
2.1 Conceito de Qualidade.....	12
2.2 Conceito de Controle de Processo.....	15
2.2.1 Processo.....	15
2.2.2 Controle de Processo.....	15
2.2.3 Variabilidade.....	16
2.3 Controle Estatístico de Processo.....	16
2.3.1 Medidas de Posição.....	17
2.3.2 Medidas de Dispersão.....	17
2.3.3 Gráficos de Controle.....	18
2.3.4 Gráficos de Controle por Variáveis.....	21
2.3.5 Gráficos de Controle por Atributos.....	23
2.4 Capacidade do Processo.....	25
2.5 Conclusão do Capítulo.....	27
3. Estudo de caso: Aplicação do CEP em uma empresa que fabrica produtos de Higiene Pessoal.....	28
3.1 Descrição do processo de fabricação de desodorantes.....	28
3.2 Análise do processo através do CEP.....	29
3.3 Proposta de Melhoria para o processo.....	32
3.4 Conclusão do Capítulo.....	36
4. Conclusão.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

Lista de Figuras

Figura 2.1: Gráfico de controle	18
Figura 2.2: Exemplo de tendência em gráfico de controle	19
Figura 2.3: Exemplo de Ciclo em gráfico de controle	20
Figura 2.4: Exemplo de deslocamento em gráfico de controle	20
Figura 3.1: Layout das linhas de desodorantes	29
Figura 3.2: Análise de Capacidade do Processo	35

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Interpretação do índice Cpk	27
Tabela 3.1. Amostras de peso retiradas da linha de desodorante	30
Tabela 3.2. Amostras de peso retiradas da linha de desodorante	33

Lista de gráficos

Gráfico 3.1: Gráficos de \bar{X} Inicial	31
Gráfico 3.2: Gráficos de R inicial	31
Gráfico 3.3: Gráficos de \bar{X} após ações implantadas	34
Gráfico 3.4: Gráficos de R após ações implantadas	34

1. Introdução

1.1 Problemática

Verifica-se atualmente uma exigência crescente de clientes e órgãos regulamentadores para a redução da variação entre os valores informados na embalagem e as quantidades efetivamente presentes no produto. Em casos de itens com características contínuas, ou seja, nos quais não é possível mensurar exatamente quantidades em termos de volume ou peso, é necessário considerar valores dentro de intervalos de tolerância. Empresas fabricantes de produtos desta classe tendem a sobre-dimensionar seus pesos para obter uma maior garantia quanto ao atendimento das exigências mínimas de clientes e órgãos como o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial).

Um outro ponto não menos importante é o atendimento aos sistemas de qualidade das empresas, como a baseada na norma ISO 9001:2000, a qual exige que os produtos atendam a determinadas especificações de projeto.

Assim se faz necessário desenvolver um estudo, utilizando como base o controle estatístico de processo, de forma a quantificar o real problema de sobrepeso para em seguida procurar ações para minimizar tal problema, mostrando os resultados das ações implantadas.

1.2 Justificativa

O mercado atual encontra-se altamente competitivo, com clientes cada vez mais exigentes, procurando produtos de qualidade com os menores preços. Diante disso as empresas necessitam de um controle maior dos seus processos, garantindo assim a satisfação de seus clientes, buscando sempre minimização de seus custos.

O CEP possibilita monitorar as características de interesse de um processo, assegurando sua manutenção dentro de limites preestabelecidos e indicando quando adotar ações de correção e melhoria. O uso adequado destas técnicas pode trazer grandes benefícios para a empresa; como a satisfação de seus clientes, menor custo de produção, melhor relação com seus funcionários e lucratividade.

O principal objetivo do CEP é possibilitar o controle em tempo real, feito pelo próprio operador, e desta forma aumentar o seu comprometimento com a qualidade do que está sendo produzido (PAESES, 1998).

Desta forma este trabalho justifica-se por apresentar uma proposta de monitoramento do processo de fabricação de uma empresa de higiene pessoal com o objetivo de diminuir sua variabilidade e reduzir custos contribuindo para o crescimento da empresa.

1.3 Objetivo do Trabalho

1.3.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo analisar através do controle estatístico de processo (CEP) possíveis problemas ocorridos no processo de envase de desodorantes de uma indústria fabricante de produtos de higiene e beleza, de forma a garantir a qualidade além de uma economia de custos de produção.

1.3.2. Objetivos específicos

Como objetivos específicos podemos citar:

- Revisão dos conceitos de qualidade bem como os relacionados ao controle estatístico de processo;
- Mostrar a problemática do sobrepeso em uma linha de desodorantes através do uso do controle estatístico de processo;
- Propor ações de forma a minimizar a problemática citada acima;
- Avaliar os resultados da implantação das ações propostas.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho mostrado nesta monografia está estruturado com os seguintes capítulos:

- Capítulo 1 - Descreve o problema geral do trabalho, sua justificativa e os objetivos.
- Capítulos 2 – Revisão bibliográfica dos principais assuntos abordados, necessários ao estudo realizado. São apresentados principalmente conceitos de qualidade e controle estatístico de processo.
- Capítulos 3 – Mostra a problemática apresentada no capítulo 1 através da aplicação do CEP em um estudo de caso. Além de propor algumas ações de forma a minimizar tais problemas

- Capítulo 4 – Apresentação das conclusões e limitações do estudo realizado.

2. Fundamentação Teórica

Este capítulo trata da fundamentação teórica deste trabalho, onde serão apresentados assuntos necessários para o entendimento do estudo de caso. Serão abordados conceitos de qualidade, como também um tópico sobre Controle Estatístico do Processo, que é a principal ferramenta para análise da problemática descrita anteriormente.

2.1. Conceito de Qualidade

Inicialmente a qualidade era vista sob ótica de inspeção, na qual, através de instrumentos de medição, tentava-se alcançar a uniformidades de produtos. Em um segundo momento utilizou-se instrumentos e técnicas estatísticas de qualidade posteriormente, a qualidade preocupou-se com a própria garantia, coordenando todo o processo produtivo desde o projeto do produto até a chegada e consumo do produto pelo cliente (Garvin, 1992)

Não existe para a qualidade um conceito único, dentre as várias definições para a qualidade pode-se destacar;

1. “Qualidade é adequação ao uso através da percepção das necessidades dos clientes” (JURAN, 1993, p.17)
2. “Qualidade é a condição necessária de aptidão para o fim a que se destina” (Organização Européia de Qualidade, 1972 *apud* Paladini 1990).
3. “Qualidade é a conformidade do produto às suas especificações” (CROSBY, 1999, p. 31).
4. Campos (1992, p.12) define “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo as necessidades do Cliente”.

Garvin (1992) apresenta 5 abordagens que ajudam a compreender melhor o que é qualidade. São elas;

- a) Abordagem Transcendental - Nesta abordagem, a qualidade é sinônima de “excelência inata”, é algo que, quando é visto, é imediatamente reconhecido; não é mensurável, sabe-se apenas que existe.
- b) Abordagem Centrada no produto - qualidade é uma variável precisa e mensurável, podendo ser avaliada objetivamente. Assim, diferenças de

qualidade são observáveis no produto pela diversidade de quantidades de elementos ou atributos que o produto possui.

- c) Abordagem baseada no usuário - qualidade é subjetiva, calcada na preferência do consumidor. Este conceito mostra que embora produtos com ótimos projetos, sem defeitos, a um custo aceitável podem não se tornar sucesso de vendas se não atender aos desejos e necessidades do consumidor.
- d) Abordagem baseada na Produção - qualidade é conformidade com as especificações determinadas a nível de projeto;
- e) Abordagem baseada no valor - qualidade é definida em termos de custos e preços, relacionando esses dois aspectos em seu resultado para o consumidor, ou seja um produto de qualidade é aquele que apresenta alto grau de conformação a um custo aceitável.

A qualidade pode assumir várias dimensões para se adequar as necessidades do consumidor e objetivos da empresa. No entanto as empresas dificilmente conseguirão assumir excelência em todas as dimensões em que deseja competir. Desta forma, as empresas devem escolher em que dimensões desejam atuar para concentrar seus esforços na viabilização destas abordagens.

As dimensões estratégicas da qualidade, segundo Garvin (1992, pp.59-73) podem ser classificadas em:

1. Desempenho - refere-se às características operacionais básicas do produto. Ex: velocidade de uma linha de produção
2. Características - são os adereços dos produtos, aquelas características secundárias que suplementam o funcionamento básico do produto. Em muitos casos, é difícil diferenciar as características básicas do produto (desempenho) das características secundárias, ambas envolvem atributos objetivos e mensuráveis, também são afetadas por preferências pessoais. A distinção entre as duas pode ser realizada considerando o grau de importância dado pelo usuário ou consumidor.
3. Confiabilidade - reflete a probabilidade do mau funcionamento de um produto ou de ele falhar num determinado período. Esta dimensão, normalmente torna-se mais importante para o consumidor à medida que a interrupção do uso do produto acarrete perdas relevantes.

4. Conformidade - grau em que o projeto e as características operacionais de um produto ou serviço está de acordo com os padrões preestabelecidos, já que todo produto/serviço envolve algum tipo de especificação.

Existem duas abordagens para esta dimensão, a primeira delas, considerada convencional, afirma que conformidade é atender as especificações pré-estabelecidas. A segunda relaciona conformidade com o grau de variabilidade em torno de uma dimensão definida como meta, reconhece uma variação dentro dos limites da especificação.

5. Durabilidade - é a medida de vida útil do produto, possui dimensões econômicas e técnicas. Tecnicamente, define-se durabilidade como o uso proporcionado por um produto até que ele se deteriore fisicamente, levando-se em consideração a impossibilidade de consertá-lo. Economicamente, é possível defini-la como sendo o uso que se consegue de um produto antes de sua quebra, sendo a sua substituição considerada preferível aos constantes reparos.

6. Atendimento - pode ser traduzida como rapidez, cortesia e facilidade de reparo. Esta dimensão tem particular importância para as empresas prestadoras de serviços. O consumidor preocupa-se, não apenas, com a possibilidade de um produto estar avariado, mas com o tempo que é obrigado a esperar até que as condições normais sejam restabelecidas, com a pontualidade do atendimento, com a cordialidade do pessoal de atendimento.

7. Estética - diz respeito a aparência do produto, o que sente com ele, seu cheiro, seu som, sua cor, seu sabor – é, sem dúvida, uma questão de julgamento pessoal e reflexo das preferências individuais.

8. Qualidade percebida - Nem sempre os consumidores dispõem de informações completas sobre um produto ou os atributos de um serviço. Desta forma, a única base de comparação das marcas são medidas indiretas. As imagens, a propaganda e os nomes de marca - percepções da qualidade e não a própria realidade - podem ser críticas.

Paladini (1990), afirma que o fato de existirem várias abordagens e, por decorrência, muitos conceitos de qualidade, não se constitui um entrave à sua compreensão, embora cause alguns conflitos quando de sua aplicação prática. Isto ocorre porque as áreas da empresa têm visão parcial da questão.

No geral, qualidade está atrelada a "excelência" de um produto ou serviço. Onde pode-se olhar a Qualidade sobre duas óticas: a do produtor ou do cliente. Do ponto de vista do produtor, a qualidade associa-se à concepção e produção de um produto que vá

ao encontro das necessidades do cliente. Do ponto de vista do cliente, a qualidade está associada ao valor e à utilidade reconhecidas ao produto, estando em alguns casos ligada também ao preço.

2.2. Conceito de Controle de Processo

2.2.1 Processo

Podem-se observar as seguintes definições de processo:

- Processo pode ser definido como um conjunto de causas que provoca um ou mais efeitos (CAMPOS, 1992, p. 17).
- Juran (1995, p. 197), define processo como uma série sistemática de ações direcionadas para a consecução de uma meta.
- Processo é qualquer conjunto de condições, circunstâncias ou causas que, agindo juntas, geram um resultado. (PALADINI, 1990)

Observa-se através das definições acima que o objetivo de um processo é obter um determinado resultado, o qual é chamado de produto do processo. Assim, segundo Paladini (1990), um processo pode ser entendido como um simples conjunto de teste passa-não-passa ou uma operação mais complexa como um raciocínio abstrato ou o funcionamento de um equipamento.

2.2.2 Controle de Processo

Controle de processo pode ser definido como um conjunto de procedimentos adotados para medir, manter e melhorar padrões de qualidade nos diversos estágios de fabricação, levando em conta a relação custo-benefício. As técnicas de controle de processo são usadas para avaliar variáveis do processo em termos de dimensões, re-trabalhos entre outros, ajudando a medir o nível de qualidade de um produto, para caso necessário agir de forma a corrigir possíveis perturbações no processo.

Manter estes procedimentos e técnicas sob controle é saber localizar o problema, analisar o processo para identificar as causas fundamentais dos problemas, padronizar para prender as causas fundamentais, e estabelecer itens de controle para que o problema nunca mais ocorra (CAMPOS, 1992). Campos ainda fala que o controle de processo pode ser exercido através da utilização do ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), que consiste em;

(P) - Planejamento - Consiste em estabelecer metas sobre os itens de controle e estabelecer o caminho para atingir essas metas.

(D) - Execução – Consiste em executar as tarefas exatamente como previstas no plano de coleta de dados para a verificação do processo. É essencial o treinamento no trabalho, decorrente da fase de planejamento.

(C) - Verificação - A partir dos dados coletados na execução, compara-se o resultado alcançado com a meta planejada

(A) - Atuação Corretiva- Onde o usuário detectou desvios, atuará no sentido de fazer correções definitivas, para que o problema não mais ocorra.

2.2.3 Variabilidade

Todo processo produtivo está sujeito a variações. Segundo Shewhart (1924, *apud* COSTA et al, 2004) todo e qualquer processo por mais bem projetado e mais controlado que seja, possui em sua variabilidade um componente impossível de ser eliminado, trata-se de uma variabilidade natural do processo, que é fruto de uma série de causas chamadas aleatórias. Diante desse fato é preciso definir-se que faixa de variação é considerada aceitável para cada processo. Esta ocorrência de causas naturais no processo, são consideradas inevitáveis, e por isso sua eliminação é considerada inviável do ponto de vista físico e econômico.

A ocorrência de perturbações maiores, chamadas de causas especiais, é fruto de uma operação anormal no processo, podendo, no entanto, ser identificado, corrigido ou eliminado.

Deming (1990), destaca a importância de se distinguir as causas comuns de causas especiais. Segundo o autor é um erro comum atribuir uma variação a uma causa especial, quando na realidade a variação trata-se de uma causa comum do processo. Quando somente causas comuns agem no processo ele apresentará um comportamento previsível.

2.3 Controle Estatístico de Processo

Os processos devem ser permanentemente monitorados, de forma a detectar a presença de causas especiais. Uma vez identificada a presença de causas especiais, deve-se investigar o motivo para poder intervir no processo de forma a eliminar tal variabilidade. Baseado nisso, o controle estatístico de processo mostra-se como uma importante ferramenta de monitoramento, onde a idéia principal do controle estatístico é evitar defeitos, atuando de forma preventiva, combatendo o desperdício antes de sua ocorrência.

Segundo Kume (1993) o Controle Estatístico de Processo (CEP) foi originalmente proposto em 1924 por Walter A. Shewhart, que trabalhou em um laboratório da Bell Telephone Laboratories, com a intenção de determinar se a variabilidade do processo era fruto de causas aleatórias ou causas assinaláveis.

Foi durante a II Guerra Mundial que o controle estatístico teve o seu grande avanço. Através dos métodos do CEP, era possível inspecionar apenas uma amostra ao invés de uma população inteira. Isso possibilitou um grande ganho de tempo além de economia de dinheiro. A II Guerra Mundial foi a grande impulsionadora para o uso do CEP nas indústrias (WERKEMA, 1995)

A seguir será exposta uma pequena referência conceitual sobre as funções matemáticas que melhor interpretam as medidas de posição e variação.

2.3.1 Medidas de posição

- Média Aritmética: pode ser definido como a soma total de observações dividido pelo número total de observações. Esta medida de posição é a mais utilizada devido a sua maior precisão, sua fórmula é:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (2.1)$$

- Mediana: É uma medida de localização do centro da distribuição dos dados, correspondente ao valor que divide a amostra em duas partes iguais, isto é, metade dos elementos do conjunto de dados são menores ou iguais à mediana, enquanto que os restantes são superiores ou iguais. Embora tenha a vantagem de ser de fácil aplicação, oferece uma estimativa mais variável do valor central que a Média Aritmética

Ex: O conjunto de números 2, 4, 4, 5, 6, 8, 8, 10, 12 tem mediana 6.

- Moda: é o valor que mais se repete em um conjunto de dados

2.3.2 Medidas de dispersão

- Amplitude: é a diferença entre o maior e o menor valor das observações. Sua desvantagem é que apresenta o mesmo valor independente da variação que ocorrer dentro dos valores extremos de uma amostra.
- Desvio padrão: Mede a variação em torno da média aritmética em termos absolutos, oferecendo uma boa idéia do quão longe os valores estão em relação ao valor central. Sua fórmula é dada por:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.2)$$

Segundo Montgomery (2004) o desvio padrão não reflete a magnitude dos dados amostrais, reflete apenas a dispersão em torno da média.

2.3.3 Gráficos de controle

Gráficos de controle representam técnicas estatísticas para apoio ao controle de processo, fornecendo evidências das variações tanto de caráter aleatório quanto de caráter determinável (TOLEDO, 1987). Eles permitem que se possa atuar no processo de forma preventiva, corrigindo possíveis causas especiais que provocam variações anormais no processo, em tempo real.

Um gráfico de controle consiste em uma linha central, um par de limites de controle, um dos quais localiza-se abaixo (chamado limite inferior) e outro acima da linha central (chamado limite superior de controle), e valores característicos marcados no gráfico representando o estado do processo, como mostrado na figura 2.1.

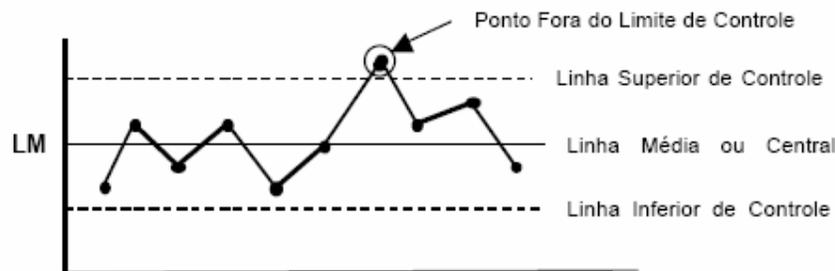


Figura 2.1: Gráfico de Controle

Fonte: Soares (2001, p. 44)

Como pode ser observado na figura, se os pontos incidirem fora dos limites de controle, ou apresentarem uma disposição atípica, o processo pode ser julgado fora de controle. Portanto, antes de construir os gráficos, é preciso identificar e eliminar as causas especiais que tornam o processo fora de controle.

Os limites dos gráficos são determinados com base na média e no desvio padrão da variável quando o processo está isento de causas especiais. A média deve coincidir com o valor-alvo do processo. Os limites de controle são definidos de forma que se todos os pontos estão sob controle, então os pontos traçados no gráfico estarão abaixo do limite superior de controle e acima do limite inferior, ou seja, variando entorno da média. Estes limites são também conhecidos como limites naturais do processo, pois são

definidos a partir de características do processo e não de especificações do produto. A seguir serão mostrados alguns padrões de comportamento não-aleatório:

a) Tendência

Observa-se neste caso um crescimento ou decrescimento contínuo de uma série de pontos. Muitas vezes pode ser fruto de um *set up*, desgaste da máquina, cansaço dos operadores, etc. A figura 2.2 representa um exemplo típico tendência:

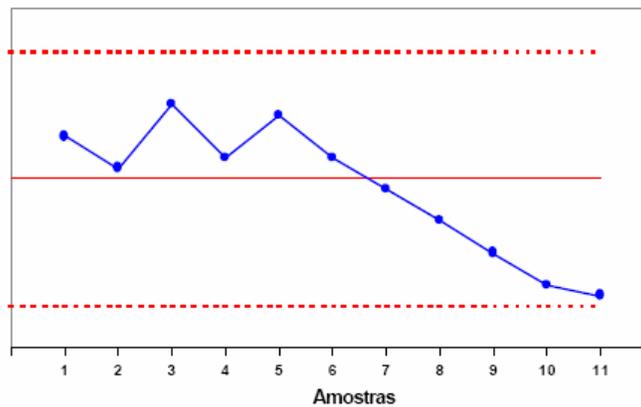


Figura 2.2: Exemplo de tendência em gráfico de controle

Fonte: Soares, 2001, pág 45

b) Ciclos

Os ciclos são caracterizados por certa periodicidade dos pontos do gráfico de controle, onde as linhas apresentam subidas e decidas em igual período de tempo, como pode se observado na figura 2.3.

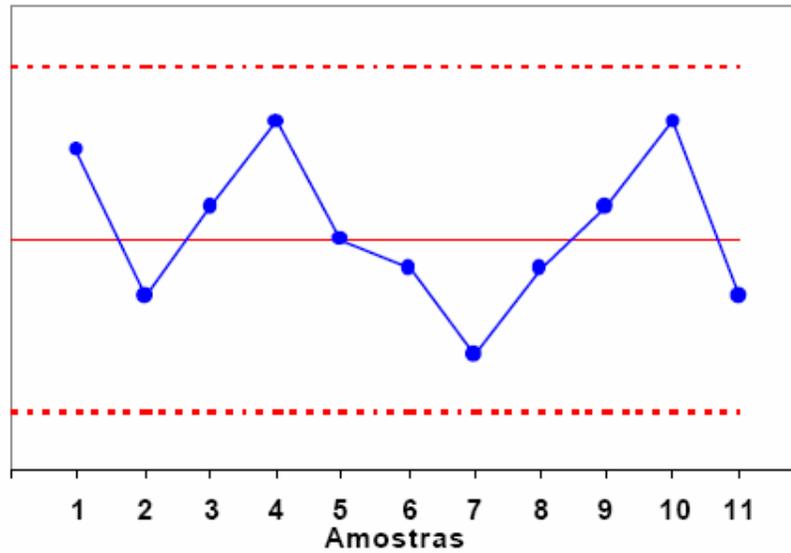


Figura 2.3: Exemplo de Ciclo em gráfico de controle

Fonte: Soares, 2001, pág 45

c) Deslocamento

Em um processo isento de causas especiais, os pontos se dispõem em torno da linha central. Quando os pontos apresentam uma mudança de nível, deixando de variar em torno da linha central e passando a se localizarem mais próximo ao limite inferior, ou superior, observa-se o deslocamento, como na figura 2.4.

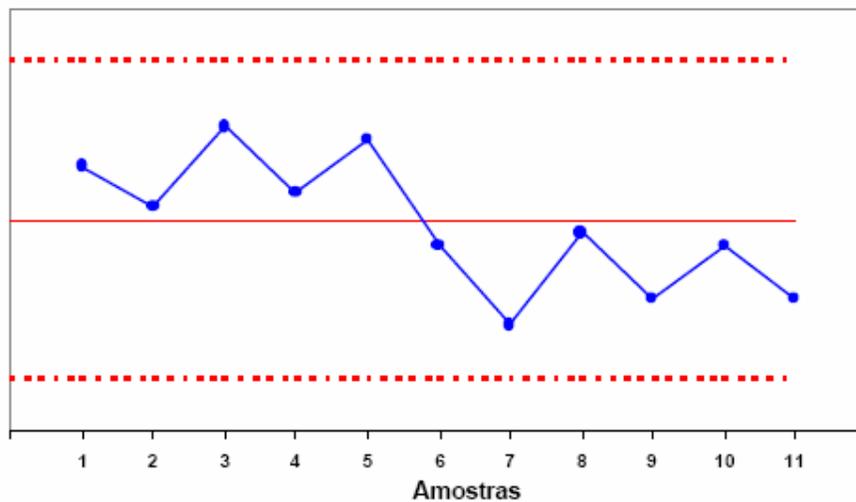


Figura 2.4: Exemplo de deslocamento em gráfico de controle

Fonte: Soares, 2001, 45

Após o cálculo dos limites naturais do processo e da definição dos subgrupos racionais, será possível verificar, através dos gráficos de controle, se o processo está isento ou não de causas especiais.

2.3.4 Gráficos de controle por variáveis

Segundo Montgomery (2004) se uma característica da qualidade que é medida for uma variável contínua, ou seja, podendo assumir qualquer valor num subgrupo de números reais, como por exemplo o volume de água em um copo, utiliza-se geralmente os gráficos de controle de média, para monitorar a centralidade e amplitude do processo.

Assim, segue abaixo os tipos de gráficos de controle baseados no aspecto tamanho da amostra “n”.

a) Gráfico de \bar{X} e R

A média das amostras é utilizada para representar a linha média do gráfico de controle (LM) de \bar{X} , e os limites de controle utilizados são geralmente três desvios padrões dessa média, ou seja:

$$\begin{aligned} \text{LSC} &= \mu_{\bar{x}} + 3\sigma_{\bar{x}} \\ \text{LC} &= \mu_{\bar{x}} \\ \text{LIC} &= \mu_{\bar{x}} - 3\sigma_{\bar{x}} \end{aligned} \quad (2.3)$$

O valor esperado da estatística \bar{X} coincide com o valor esperado μ_x , enquanto que a relação entre a variância dos valores individuais σ_x^2 e os valores de $\sigma_{\bar{x}}^2$ é a seguinte: $\sigma_{\bar{x}}^2 = \sigma_x^2 / n$, então temos que:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \quad (2.4)$$

Os limites de controle com três desvios padrão foram propostos por Shewart, onde o mesmo afirma que de 99% a 100% dos valores de uma distribuição normal estarão localizados a uma distância não maior do que 3 desvios padrão em ambos os lados da média. Desse modo, dificilmente se cometerá o erro de intervir em um processo que está em controle.

Os limites de controle para o gráfico de amplitude (R) também são situados a três desvios-padrão de afastamento em relação a média da amplitudes, ou seja:

$$\begin{aligned}
 \text{LSC}_R &= \mu_R + 3\sigma_R \\
 \text{LM}_R &= \mu_R \\
 \text{LIC}_R &= \mu_R - 3\sigma_R
 \end{aligned}
 \tag{2.5}$$

Costa et al (2004), afirmam que caso a distribuição de uma variável X seja normal com desvio padrão igual a σ , então a média e o desvio-padrão do gráfico de amplitude R será:

$$\begin{aligned}
 \mu_R &= d_2 \sigma \\
 \sigma_R &= d_3 \sigma
 \end{aligned}
 \tag{2.6}$$

Onde as constantes d_2 e d_3 dependem apenas do tamanho da amostra n , podendo ser facilmente tabelada. Com isso podem-se obter os gráficos de controle de amplitude através das seguintes fórmulas:

$$\begin{aligned}
 \text{LSC}_R &= d_2 \hat{\sigma} + 3d_3 \hat{\sigma} \\
 \text{LM}_R &= d_2 \hat{\sigma} \\
 \text{LIC}_R &= d_2 \hat{\sigma} - 3d_3 \hat{\sigma}
 \end{aligned}
 \tag{2.7}$$

Costa et al (2004) ainda destacam que uma amplitude não pode ser negativa, sendo assim, quando o LIC_R for negativo, deve-se considerar tal limite como zero.

Montgomery (2001), destaca que este tipo de gráfico é utilizado quando se tem amostras de tamanho $n < 10$. Caso o tamanho da amostra seja maior do que 10, recomenda-se a utilização dos gráficos de \bar{X} e S, como segue.

b) Gráfico de \bar{X} e S

Embora as cartas de controle \bar{X} e R sejam muito usadas, é possível avaliar diretamente o desvio-padrão do processo ao invés de indiretamente através da amplitude

R. O desvio padrão S ($S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x - \bar{x})^2}$) é um estimador tendencioso do desvio-

padrão populacional. A média e a variância amostral \bar{X} e S^2 são estimadores não tendenciosos da média e da variância populacional μ e σ^2 . Sendo assim:

$$E(x) = \mu, \quad E(S^2) = \sigma^2 \text{ e} \tag{2.8) e (2.9)}$$

$$E(S) = C_4 \sigma \quad (2.10)$$

Onde C_4 é um estimador dependente apenas do tamanho da amostra n , podendo ser facilmente tabelado.

Suponha que m amostras preliminares de tamanho n tenham sido coletadas e que S_i seja o desvio-padrão da i^{a} amostra, então a média dos desvios-padrão é:

$$\bar{S} = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_m}{m} \quad (2.11)$$

Como $\frac{\bar{S}}{C_4}$ é um estimador não tendencioso de σ e um estimador não tendencioso de $\hat{\sigma}_s$ é dado por $\hat{\sigma}_s = \frac{\bar{S}}{C_4} \sqrt{1 - C_4^2}$. Então os limites para os gráficos de \bar{X} e σ são respectivamente:

$$\begin{aligned} \text{LSC} &= \bar{X} + \frac{3\bar{S}}{C_4\sqrt{n}} \\ \text{LC} &= \bar{X} \\ \text{LIC} &= \bar{X} - \frac{3\bar{S}}{C_4\sqrt{n}} \end{aligned} \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} \text{LSC} &= \bar{S} + 3\frac{\bar{S}}{C_4}\sqrt{1 - C_4^2} \\ \text{LC} &= \bar{S} \\ \text{LIC} &= \bar{S} - 3\frac{\bar{S}}{C_4}\sqrt{1 - C_4^2} \end{aligned} \quad (2.14)$$

2.3.5 Gráficos de controle por atributos

Os gráficos de controle por atributos estão relacionados a variáveis do tipo passa ou não passa. Um exemplo seria uma lâmpada que ao ser testada deve acender ou não. O gráfico de controle do número de defeitos e o da fração defeituosa servem para monitorar processos que produzem regularmente certa porcentagem de itens defeituosos. Segundo Montgomery (2004), os gráficos de controle mais usados são:

- a) Gráficos de controle np

Este tipo de gráfico mostra o número de itens defeituosos na amostra. Os princípios estatísticos que envolvem os gráficos de np estão baseados na distribuição Binomial. Suponha que o processo de produção esteja operando de maneira estável, e que a probabilidade de que este item esteja não-conforme seja p . Se uma amostra aleatória de n unidades do produto for selecionada, sendo d o número de unidades não-conformes, então a distribuição Binomial será:

$$\Pr[D=d] = \binom{n}{d} p^d (1-p)^{n-d}, \quad d = 0, 1, 2, \dots, n. \quad (2.16)$$

Sendo assim, a média e o desvio-padrão da variável aleatória D são:

$$\mu_D = np \quad (2.17)$$

$$\sigma_D = \sqrt{np(1-p)} \quad (2.18)$$

Com isso têm-se os limites de controle para o gráfico np dados por:

$$\begin{aligned} LSC_{np} &= np_0 + 3\sqrt{np_0(1-p_0)} \\ LM_{np} &= np_0 \\ LIC_{np} &= np_0 - 3\sqrt{np_0(1-p_0)} \end{aligned} \quad (2.19)$$

Onde p_0 é o valor de p quando o processo está isento de causas especiais. Quando p_0 não é conhecido, deve-se estimar a partir do dados coletados, através da seguinte fórmula:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{mn} \quad (2.20)$$

b) Gráfico de controle p

O gráfico de controle de p é bastante similar ao gráfico de np. Sendo a fração defeituosa da amostra a razão entre o número de defeitos encontrados na amostra (d) e tamanho da amostra (n):

$$p = \frac{d}{n} \quad (2.21)$$

Sendo assim, os limites do gráfico de controle de p são:

$$\begin{aligned} LSC_{np} &= p_0 + 3\sqrt{np_0(1-p_0)/n} \\ LM_{np} &= p_0 \\ LIC_{np} &= p_0 - 3\sqrt{np_0(1-p_0)/n} \end{aligned} \quad (2.22)$$

c) Gráfico de controle C

Este tipo de gráfico é utilizado para monitorar o número total de defeitos ocorridos em uma unidade do produto. A construção da carta de controle para o número de defeitos segue a distribuição de Poisson, para tanto, os subgrupos devem ser uniformes, apresentando probabilidades de ocorrência de defeitos aproximadamente iguais. O modelo de Poisson com parâmetro $\theta = C$, com um número x de defeitos observados é:

$$P(X = k) = \frac{c^k \lambda^{-c}}{k!}, \quad k=0, 1, 2, \dots \quad (2.23)$$

Como a média e a variância da variável X é o parâmetro C, os limites de controle para o gráfico de controle de C é:

$$\begin{aligned} LSC &= c + 3\sqrt{c} \\ LM &= c \\ LIC &= c - 3\sqrt{c} \end{aligned} \quad (2.24)$$

2.4 Capacidade do Processo

Segundo Costa et al (2004) capacidade do processo é a capacidade de produzir itens conformes, ou seja, de acordo com as especificações do projeto. Esta capacidade depende das próprias especificações do projeto e da variabilidade do processo, não estando vinculado apenas a presença e ausência de causas especiais.

Um ponto importante a se salientar é a diferença entre os limites de especificação, limites de controle e limites naturais do processo. Os limites de

especificação definem o intervalo em que as medidas das características da qualidade podem variar, geralmente são estabelecidos pelos engenheiros durante o projeto do produto, pela administração ou pelo cliente, enquanto que os limites naturais de processo são definidos como os valores de X situados a ± 3 desvios-padrão da média μ do processo. Os limites de controle do gráfico de \bar{X} são estabelecidos a ± 3 desvios-padrão da média do processo.

Índices de Capacidade são números adimensionais que permitem uma quantificação do desempenho do processo (WERKEMA, 1995). Para se calcular estes índices, parte-se do pressuposto que o processo está sob controle estatístico e que a distribuição dos dados é normal.

a) Índice C_p

O índice C_p relaciona a faixa de variação permitida do processo com uma faixa de variação real do processo, sendo determinada pela seguinte relação:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (2.25)$$

O índice C_p se preocupa com a dispersão do processo, não avaliando se o mesmo atende as especificações. Segundo Kume (1993) o índice C_p possui três faixas de valores que resultam em uma classificação mostrada a seguir:

- 1) $C_p \geq 1,33$ – Processo adequado e capaz
- 2) $1 \leq C_p \leq 1,33$ – Adequado
- 3) $C_p \leq 1$ – Processo inadequado

b) Índice C_{pk}

É uma medida de dispersão e posição do processo baseado em um valor médio específico, sendo calculada pela fórmula;

$$C_{pk} = \text{Mín} \left[\frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}, \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} \right] \quad (2.26)$$

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. O processo pode ser analisado de acordo com os seguintes critérios a seguir:

C_{PK}	INTERPRETAÇÃO	AÇÕES PERTINENTES	RELAÇÃO DO VALOR NOMINAL E A LINHA CENTRAL DO PROCESSO
$C_{PK} \geq 2,0$	PROCESSO EXCELENTE Altamente confiável	Os operadores têm perfeito controle do processo	Se $C_P = C_{PK} \Rightarrow$ Processo centrado
$1,33 \leq C_{PK} \leq 2,0$	PROCESSO CAPAZ Relativamente confiável	Os operadores têm que monitorar para evitar deterioração	Se $C_{PK} \neq C_P \Rightarrow$ Processo está fora de alvo
$1,00 \leq C_{PK} < 1,3$	PROCESSO RELATIVAMENTE INCAPAZ Pouco confiável	Exige dos operadores controle contínuo	$C_{PK} < C_P$ Processo está fora do alvo, mas está dentro dos limites de Especificação
$0 < C_{PK} < 1$	PROCESSO INCAPAZ Podemos ter produção defeituosa	Exige dos operadores controle de 100% da produção.	$C_{PK} < C_P$ A linha central do processo está dentro ou coincidindo com um dos Limites de Especificação (podemos ter 50% de produção acima ou abaixo dos limites Especificação)
$C_{PK} < 0$	PROCESSO TOTALMENTE INCAPAZ Não tem condições de manter as especificações		$C_{PK} < C_P$ A linha central do processo está fora dos Limites de Especificação Se $C_{PK} < -1 \Rightarrow$ Toda a produção está fora dos Limites de Especificação

Tabela 2.1: Interpretação do índice C_{pk}

Fonte: Vieira (1999, p. 158)

2.5 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo realizou uma breve revisão sobre os conceitos básicos de Qualidade e Controle Estatístico do Processo, tentando abordar os assuntos que serão tratados a seguir no estudo de caso, como gráficos de controle, variabilidade, capacidade, entre outros.

No próximo capítulo será apresentado um estudo de caso onde serão aplicados os conceitos apresentados neste capítulo.

3- Estudo de caso: Aplicação do CEP em uma empresa que fabrica produtos de Higiene Pessoal

Este capítulo apresenta um estudo de caso que aborda a problemática do sobrepeso em uma linha de desodorantes de uma indústria de higiene pessoal. Na análise do problema utilizou-se o CEP para quantificar a variabilidade de peso em um processo de envase de desodorantes tipo squeeze, cuja embalagem de plástico flexível pulveriza o desodorante ao ser pressionado pelo consumidor.

A empresa em questão é uma multinacional de grande porte, do ramo de higiene pessoal, a qual possui uma unidade localizada no município de Ipojuca, pólo industrial de Suape. Ela possui aproximadamente 415 funcionários e tem uma produção mensal de 6 mil toneladas dividida em 4 categorias, atendendo a todo o mercado latino americano. Sua planta de produção possui duas linhas de envase de desodorantes, com capacidade de produção de 125 e 160 frascos/minuto, com uma linha rodando em 3 turnos e outra em apenas um turno de produção.

Inicialmente será feita uma rápida descrição do processo de fabricação de desodorantes, em seguida uma análise da situação inicial para tentar quantificar o real sobrepeso do produto. Posteriormente serão apresentadas as ações propostas e análises finais.

3.1 Descrição do processo de fabricação de desodorantes

A fabricação de desodorantes possui basicamente duas etapas, a fabricação do líquido, chamado de massa e o processo de envase. A fabricação da massa dá-se em bateladas de 2500 quilos, onde inicialmente os ingredientes da massa de desodorante são adicionados e misturados em um tanque chamado Mixer, respeitando as instruções e parâmetros de uma folha de processo. Uma vez pronta, a massa é transferida para um tanque de estocagem.

Em seguida a massa armazenada no tanque de estocagem é transportada através de tubulações para a linha de envase. Como o desodorante é altamente inflamável, o processo de fabricação assim como o tanque de estocagem ficam localizados do lado de fora da fábrica, atendendo à normas de segurança. Na linha, os frascos armazenados no alimentador de frascos (item 1 da figura 3.1) são enfileirados em uma esteira, onde seguem para a enchedora. Na enchedora, o líquido é distribuído para os frascos através de 12 bicos dosadores (item 2 da figura 3.1), para em seguida o produto ser tampado e

agrupado em pacotes plásticos de 12 (item 3 e 4 da figura 3.1), os quais são empilhados sobre pallets. Uma vez completos, os pallets de desodorante são identificados através de uma etiqueta de código de barras e transportados pra um centro de distribuição localizado ao lado da fábrica, de onde são distribuídos para toda a região Nordeste.

A figura abaixo mostra o lay out da linha de envase de desodorantes.

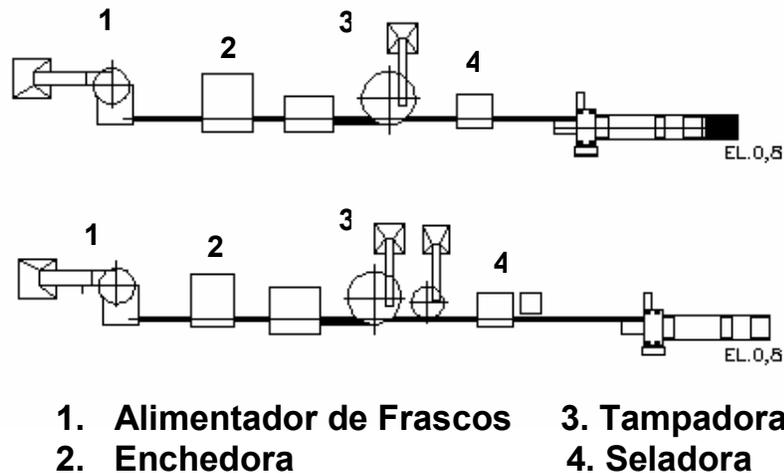


Figura 31: Layout das linhas de desodorantes
Fonte: O Autor (2007)

De vinte em vinte minutos, o operador coleta 5 amostras de frascos de desodorante aleatoriamente, anotando o peso do produto no sistema como também manualmente em um formulário. Caso seja encontrada alguma irregularidade, todos os frascos dos últimos 20 minutos são analisados e se necessário retrabalhados.

O retrabalho consiste em esvaziar todos os frascos produzidos armazenando o líquido em um recipiente, para depois devolver no tanque de estocagem. Como o desodorante é constituído em sua maioria por álcool, o líquido pode ser reaproveitado, o mesmo acontecendo com os frascos e as tampas.

3.2 Análise do processo através do CEP

Para se obter uma análise mais detalhada da variação do processo, utilizaram-se os dados de 23 amostras de tamanho 5 de um turno de produção armazenados no banco de dados da empresa. Como o tamanho da amostra é menor do que 10 foram utilizados os gráficos de controle de média e amplitude.

Segue abaixo a tabela de dados coletados em um turno da linha de desodorantes:

	1	2	3	4	5	Média	Amplitude
1	82,1	81,8	80,8	80,8	82	81,5	1,3
2	82,4	82,2	83,1	82,9	83	82,72	0,9
3	83,6	85,3	83,6	83,3	83,9	83,94	2
4	81,9	84,4	83,6	85,2	83,6	83,74	3,3
5	82,3	82	81,7	82	83	82,2	1,3
6	82,9	83	83,7	82,4	82	82,8	1,7
7	82,7	81	81,6	81,3	84,2	82,16	3,2
8	83,6	84,2	85,6	84,2	83,6	84,24	2
9	83,6	85,3	84,2	83,9	81,6	83,72	3,7
10	82,7	81	81,6	81,3	84,2	82,16	3,2
11	83,6	84,2	85,6	84,2	83	84,12	2,6
12	83,6	81,3	84,2	83,9	81,6	82,92	2,9
13	83,9	84	83,7	82,9	83	83,5	1,1
14	82,2	82,4	82,7	83	82,6	82,58	0,8
15	83,6	85,3	84,2	83,3	85,1	84,3	2
16	83,5	83,2	84,2	85,3	84,3	84,1	2,1
17	83,1	83,2	84,2	85,3	84,2	84	2,2
18	82,9	82,4	82,7	82	81,9	82,38	1
19	81,5	81,9	82	82,1	82,3	81,96	0,8
20	82,5	81,4	81,3	82	82,6	81,96	1,3
21	83,6	85,3	83,6	85,3	83,9	84,34	1,7
22	82,4	82,2	83,1	82,9	83	82,72	0,9
23	83,6	85,2	83,6	81,9	82,4	83,34	3,3

Tabela 3.1. Amostras de peso retiradas da linha de desodorante

Fonte: banco de dados da empresa (2006)

Segue abaixo o cálculo dos limites de controle do processo:

$$LSC_x = \mu + 3 \times \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$$

$$LIC_x = \mu_0 - 3 \times \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$$

$$LSC_x = 83,10435 + 3 \times \frac{1,18635}{\sqrt{5}} = 84,69601 \quad LIC_x = 83,10435 - 3 \times \frac{1,18635}{\sqrt{5}} = 81,51269$$

$$LM_R = 1,9696$$

$$LSC_R = (d_2 + 3 \times d_3) \times \sigma_o$$

$$LIC_R = (d_2 - 3 \times d_3) \times \sigma_o$$

$$LSC_R = (2,326 + 3 \times 0,864) \times 1,18635 = 5,83449 \quad LIC_R = (2,326 - 3 \times 0,864) \times 1,18635 = -0,3155$$

Os gráficos 3.1 e 3.2 mostram o comportamento do processo através dos gráficos de controle elaborados a partir das médias e de suas amplitudes.

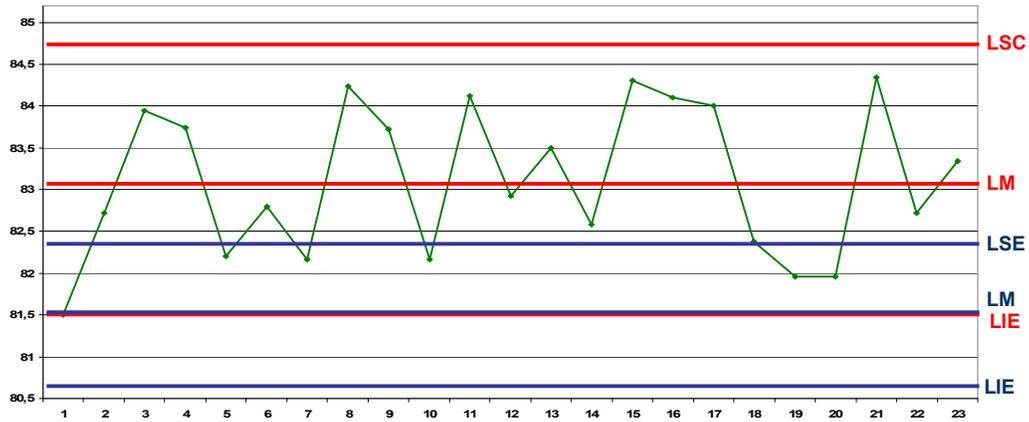


Gráfico 3.1: Gráficos de \bar{X} inicial

Fonte: O autor (2006).

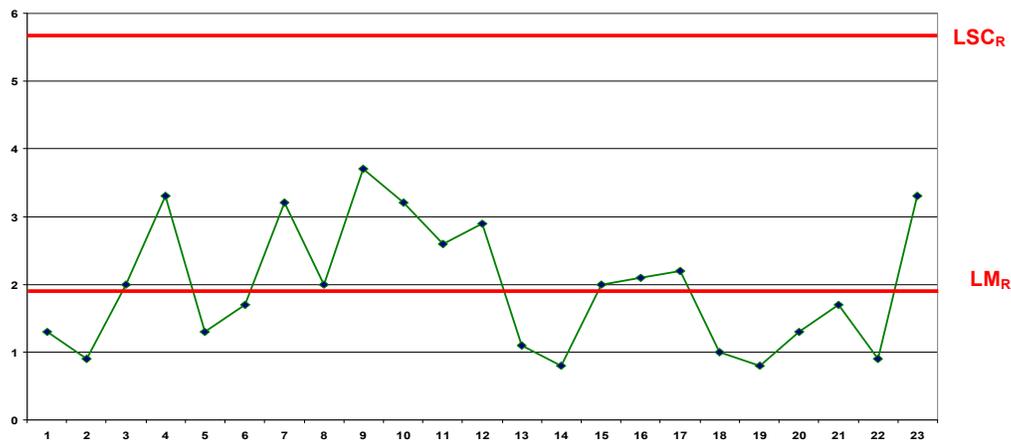


Gráfico 3.2: Gráficos de R Inicial

Fonte: O autor (2006).

Verifica-se nos gráficos acima que o processo apresenta comportamento não aleatório, como o declínio entre os pontos 15 e 20 do gráfico de \bar{X} , bem como o comportamento observado entre os pontos 12 e 22 do gráfico de R.

Comparando-se com os limites de especificação do produto que são de 80,7g para o mínimo e 82,4g para o máximo, comprova-se a suposição descrita na problemática de que o processo, em média, estava produzindo produtos com peso acima das especificações, dado que o alvo é de 81,5 gramas, gerando assim perdas financeiras para a empresa.

Avaliando a capacidade do processo de acordo com o que foi apresentado na seção 2.4 obteve-se uma C_{pk} de -0,1979. Este resultado já era esperado visto que

segundo Montgomery (2004, pág 226) se a média do processo não pertencer ao intervalo de especificação o índice C_{pk} assumirá valores negativos.

O problema de sobrepeso sempre foi evidenciado pela qualidade, manufatura e setor financeiro, que mostravam altos valores de perdas de massa de desodorante. Por outro lado existia uma preocupação da empresa em atender as exigências de peso da portaria nº 74 do INMETRO que estabelece os critérios para verificação do conteúdo efetivo de produtos pré-medidos, que pode ser definido como todo produto embalado e/ou medido sem a presença do consumidor, com conteúdo nominal igual e predeterminado na embalagem durante o processo de fabricação, expresso em unidades do Sistema Nacional de Unidades. Esta portaria estabelece que a tolerância de massa para produtos com peso entre 50 e 100 g é de 4,5g.

Historicamente houve problemas de peso abaixo das especificações, fruto de uma alta variação no processo de enchimento dos frascos de desodorantes, problemas estes evidenciados pelos próprios consumidores através do serviço de atendimento ao cliente. Devido a este fato, decidiu-se na época ajustar os bicos dosadores de enchimento de forma a evitar outros problemas desse tipo. Conseqüentemente começou a aparecer nos inventários perdas de massa de produto. Outro ponto importante levantado pelo setor de planejamento era que nunca se conseguia produzir a quantidade de desodorantes programados, pois como o produto estava com sobrepeso, o líquido armazenado no tanque acabava antes de completar o número de frascos programados.

3.3 Proposta de Melhoria para o Processo

Diante da situação apresentada acima, iniciou-se um trabalho que visava descobrir a causa e reduzir o sobrepeso apresentado. Inicialmente foi montada uma apresentação com o intuito de mostrar de forma sucinta aos operadores da linha e outras áreas envolvidas, como Qualidade, Manutenção e Manufatura o problema de forma quantitativa através das perdas em R\$ identificadas nos últimos inventários bem como uma média de peso dos últimos dias para comprovar que o problema de sobrepeso continuava.

Em seguida, foram realizadas algumas reuniões com os operadores, mecânicos e pessoas do setor de qualidade na tentativa de levantar possíveis causas do problema. Também foi necessário, por parte das pessoas envolvidas com este trabalho, um maior conhecimento do processo e do produto através de visitas diárias a linha de produção. Em uma das reuniões foi proposto pelos próprios operadores, o ajuste dos bicos de

forma a tentar baixar este sobrepeso evidenciado no gráfico acima, como também acompanhar o comportamento da máquina de forma a observar sua estabilidade. Logicamente, esta ação exigia um certo cuidado para que não ocorresse problema de peso abaixo das especificações. Por isso o intervalo de amostragem foi reduzido de 20 para 10 minutos.

Segue a tabela 3.2 de dados, bem como o cálculo dos limites de controle e os gráficos de forma a evidenciar a melhoria proposta acima.

	1	2	3	4	5	Média	Amplitude
1	81,9	82,3	81,6	81,4	81,9	81,82	0,9
2	81,4	81,6	81,9	82,3	81,3	81,7	1
3	81,6	81,3	81,4	81,7	81,5	81,5	0,4
4	81,4	81,5	82,3	81,9	82,3	81,88	0,9
5	81,5	82,1	81,4	81,5	82,3	81,76	0,9
6	81,4	81,6	82,3	81,6	81,7	81,72	0,9
7	81,6	81,9	82,3	82,5	81,4	81,94	1,1
8	81,4	82,3	82,5	81,7	82,3	82,04	1,1
9	81,3	81,9	81,7	81,6	82,1	81,72	0,8
10	81,4	81,6	82,1	82,4	81,9	81,88	1
11	81,3	81,9	81,6	82,5	82,7	82	1,4
12	81,6	81,2	81,9	82,5	81,7	81,78	1,3
13	81,4	82,3	81,6	81,5	82,3	81,82	0,9
14	81,6	81,9	82,5	82,3	81,4	81,94	1,1
15	81,4	81,6	82,1	82,4	81,9	81,88	1
16	81,3	81,9	81,6	82,5	82,7	82	1,4
17	81,6	81,2	81,9	82,5	81,7	81,78	1,3
18	81,4	82,3	81,6	81,5	82,3	81,82	0,9
19	81,6	81,9	82,5	82,3	81,4	81,94	1,1
20	81,4	81,7	81,9	82,1	81,5	81,72	0,7
21	81,6	81,4	82,7	81,9	81,3	81,78	1,4
22	81,6	81,4	81,9	82,6	82,2	81,94	1,2
23	81,7	81,9	82,6	81,4	82,3	81,98	1,2

Tabela 3.2. Amostras de peso retiradas da linha de desodorante

Fonte: Banco de dados da empresa (2006).

$$LSC_x = \mu + 3 \times \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$$

$$LIC_x = \mu_0 - 3 \times \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$$

$$LSC_x = 81,84087 + 3 \times \frac{0,4137}{\sqrt{5}} = 82,39601$$

$$LIC_x = 81,84087 - 3 \times \frac{0,4137}{\sqrt{5}} = 81,28573$$

$$LM_R = 1,03913$$

$$LSC_R = (d_2 + 3 \times d_3) \times \sigma_o$$

$$LIC_R = (d_2 - 3 \times d_3) \times \sigma_o$$

$$LSC_R = (2,326 + 3 \times 0,864) \times 0,4137 = 2,0349$$

$$LIC_R = (2,326 - 3 \times 0,864) \times 0,4137 = -0,11006$$

Os gráficos 3.3 e 3.4 mostram o comportamento do processo através dos gráficos de controle elaborados a partir das médias e de suas amplitudes:

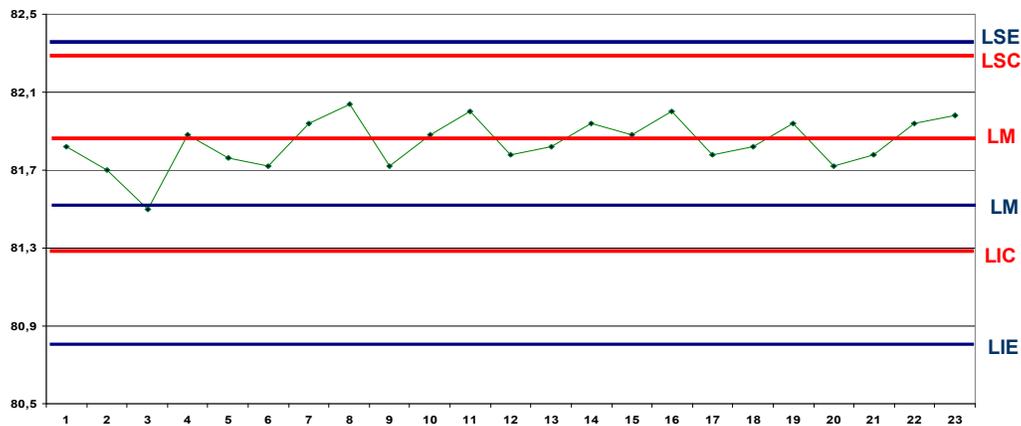


Gráfico 3.3: Gráficos de \bar{X} após ações implantadas

Fonte: O Autor (2006).

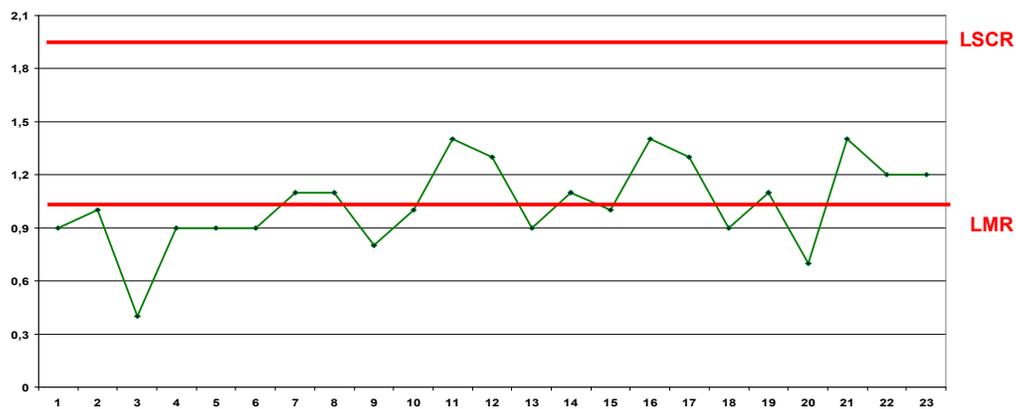


Gráfico 3.4: Gráficos de R após ações implantadas

Fonte: O Autor (2006).

Os gráficos 3.3 e 3.4 mostram uma grande evolução em termos de variabilidade. Ainda é possível observar algumas tendências, como no gráfico de R, mas é possível concluir que o processo encontra-se mais estável. O principal ponto a se observar é a redução do sobrepeso, devido a aproximação dos limites de controle aos limites de especificação.

Avaliando novamente a capacidade do processo através do índice C_{pk} e C_p obteve-se um índice de 0,919 para o C_{pk} e um índice C_p de 0,6847. Segundo Montgomery isso mostra um processo descentralizado visto que $C_p < C_{pk}$. Apesar de ter

havido uma melhora significativa no processo, essa descentralização evidencia ainda um certo sobrepeso no produto, como pode ser observado na figura 3.2, onde embora observe-se uma grande melhoria, ainda é possível constatar que o processo ainda está descentralizado.

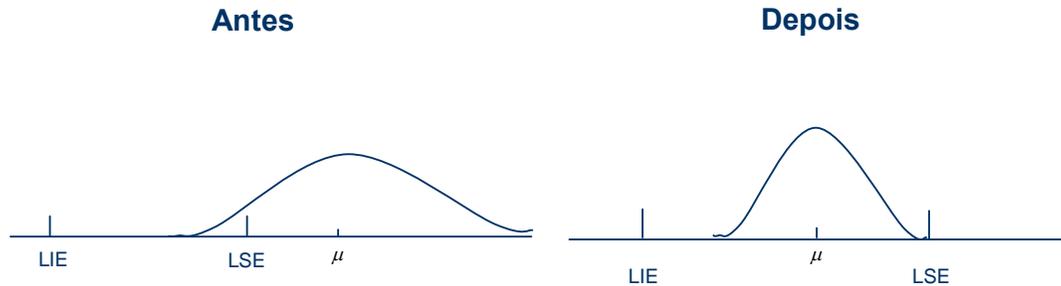


Figura 3.2: Análise de Capacidade do Processo

Fonte: O Autor (2007).

Observou-se também que a máquina respondeu bem ao ajuste feito para reduzir o peso do produto, onde não foi verificada, durante o período de análise, nenhuma ocorrência de produto abaixo do peso, além da aprovação através de uma auditoria feita pela qualidade nos três turnos.

Durante a realização do trabalho, foi necessário desenvolver um trabalho junto aos funcionários, no sentido de conscientizá-los quanto a necessidade de manter sempre a máquina ajustada de forma a evitar que o sobrepeso voltasse. No começo, houve alguns problemas, principalmente entre turnos, que reclamavam que os operadores do turno anterior “entregavam” a linha com alguns bicos de enchimento desajustados. Outro ponto consistia na manutenção da linha feita pelos próprios operadores, que muitas vezes não realizavam a troca de anéis de vedação, diafragmas entre outras peças no devido momento. Sendo assim, foi necessária uma maior presença nas linhas, acompanhando o dia-a-dia dos três turnos de produção, além de tentar promover uma maior harmonia entre turnos para que os mesmos se comunicassem e procurassem manter os bicos de enchimento sempre ajustados.

É importante salientar que este trabalho de melhoria teve foco inicial na parte de conscientização dos funcionários envolvidos no processo fabricação e envase de desodorantes, não abordando também a possibilidade de melhorias técnicas nas linhas de desodorantes.

3.3 Conclusão do Capítulo

O estudo de caso mostrou um caso real de aplicação do controle estatístico do processo, comprovando ser este uma importante ferramenta de análise do processo.

Os resultados apresentados comprovam uma melhoria significativa no processo, acarretando também uma redução de perda de desodorante, mas é importante evidenciar que o problema de sobrepeso ainda precisa ser trabalhado, visto que ainda não atingiu valores ideais em termos de capacidade.

4 – Conclusão

Este trabalho buscou mostrar a importância da utilização do controle estatístico do processo como ferramenta de análise de um processo produtivo através de gráficos de controle e índices. Para tal, realizou-se um estudo de caso em uma empresa fabricante de desodorantes onde tentou-se mostrar um acompanhamento de desempenho do processo através da avaliação gráfica do peso deste produto.

Em um primeiro momento procurou-se descrever os principais conceitos que fundamentaram este trabalho. Foram tratados aqui conceitos de qualidade, controle estatístico de processo, variabilidade, capacidade, entre outros.

Este estudo provou a hipótese inicial, a de que havia realmente um problema de produtos com peso acima das especificações. Baseado nisso, iniciou-se um trabalho juntamente com as áreas diretamente envolvidas para levantar as causas deste problema para posteriormente gerar ações para tentar reduzir o sobrepeso do produto.

Como foi comentado no estudo de caso, os resultados obtidos após a implantação das ações de ajuste dos bicos dosadores, como também um trabalho de conscientização com os operadores, mostrou que o problema de sobrepeso ainda persiste, onde apesar de ter havido uma melhoria significativa no processo, ainda pode-se identificar uma alta variabilidade.

Vale ressaltar que a aplicação de técnicas estatísticas necessita de aprendizado constante, onde o conhecimento do processo juntamente com a busca por uma melhoria contínua possibilita a obtenção de resultados que contribuem para o sucesso da empresa. Por isso, como sugestão para trabalhos futuros, que pode contribuir para o sucesso da redução de variabilidade da linha é realizar um treinamento de controle estatístico de processo para os operadores da linha, de forma a possibilitar que os mesmos tenham uma capacidade melhor de análise, e com isso atuar no momento exato para manter um processo sempre estável.

Este trabalho de melhoria teve foco inicial na parte de conscientização dos funcionários envolvidos no processo fabricação e envase de desodorantes, não abordando também a possibilidade de melhorias técnicas nas linhas de desodorantes. Por isso este trabalho de melhoria precisa prosseguir, buscando uma abrangência maior através da abordagem de questões técnicas, que levantem possibilidade de melhorias na própria máquina. É importante comentar também que o principal fator para o sucesso na

redução de sobrepeso desta linha de desodorantes, é o comprometimento de todas as áreas envolvidas, principalmente os operadores de produção.

Como dificuldade pode-se comentar sobre o curto espaço de tempo para avaliar a eficácia das ações tomadas, principalmente no que diz respeito a conscientização dos funcionários. Outro ponto de igual importância, e que não foi abordado neste trabalho, foi a questão da análise técnica de possíveis problemas na linha que podem contribuir para o sobrepeso de desodorantes.

Como este trabalho demonstrou, embora tenha ocorrido melhorias significativas no processo, o mesmo ainda não atingiu seus valores ideais. Isto possibilita a realização de trabalhos futuros que possam ser desenvolvidos em cima do que foi escrito nesta monografia. Como exemplo pode-se realizar um estudo através da implantação do TPM (*Total Productive Maintenance*) de forma a possibilitar uma melhoria contínua da linha e de todas as pessoas envolvidas no processo de fabricação de desodorantes da empresa em questão. Outro ponto que também pode ser abordado em estudos futuros seria uma análise de confiabilidade para avaliar a probabilidade e modos de falhas no processo de envase de desodorantes.

Este trabalho apesar de ter um tempo limitado possibilitou um grande aprendizado para o aluno, através da aplicação de conhecimentos adquiridos ao longo do curso de graduação em engenharia de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, V. Falconi – *Controle da Qualidade Total*. Rio de Janeiro: Block, 1992.

COSTA, A F. B. et al. *Controle estatístico de qualidade*. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

CROSBY, Philip B. – *Qualidade é Investimento*. 7ª Edição. Rio de Janeiro, Livraria José Olympio Editora s/a , 1999.

DEMING, W. Edwards – *Qualidade: A revolução da Administração*. Rio de Janeiro, Editora Marques-Saraiva, 1990.

JURAN, J. M. ; GRYNA, F. M. – *Controle da Qualidade – Handbook*. 4ª edição. São Paulo, Editora McGraw-Hill Ltda e Makron Books do Brasil Editora Ltda, 1993.

JURAN, J. M. – *Juran Planejando para a Qualidade*. 3ª Edição. São Paulo, Livraria Editora Pioneira, 1995.

GARVIN, David A. *Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

KUME, Hitoshi – *Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade*. São Paulo, Editora Gente, 1993.

MONTGOMERY, Douglas C. *Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade*. 4ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

PAESES, C. ; CATEN, C. ; RIBEIRO, J.L. *Aplicação da análise de variância na implementação do CEP*. In: XVII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998, Niterói. Anais (em CD ROM).

PALADINI, E. Pacheco – *Controle de Qualidade: Uma abordagem abrangente*. São Paulo, Editora Atlas , 1990.

SOARES, Gonçalo M. P. Paula. *Aplicação do Controle Estatístico de Processos em uma Indústria de Bebidas: Um Estudo de Caso*. Florianópolis, 2001. Dissertação – UFSC.

TOLEDO, José C. – *Qualidade Industrial: conceitos, sistemas e estratégias*. São Paulo, Editora Atlas s/a, 1987.

VIEIRA, Sonia – *Estatística para a Qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços*. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1999.

WERKEMA, Maria Cristina – *Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos*. Volume 2. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1995.