



**UFSM**

**Dissertação de Mestrado**

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO DO  
CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO ON-LINE  
POR MEIO DE GRÁFICOS DE CONTROLE**

---

**Vanusa Beatriz Hackenhaar Pierret**

**PPGEP**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2004**

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO DO  
CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO ON-LINE  
POR MEIO DE GRÁFICOS DE CONTROLE**

---

**por**

**Vanusa Beatriz Hackenhaar Pierret**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Qualidade e Produtividade, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção**

**PPGEP**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2004**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO DO  
CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO ON-LINE  
POR MEIO DE GRÁFICOS DE CONTROLE**

elaborada por  
**Vanusa Beatriz Hackenhaar Pierret**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia de Produção**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Adriano Mendonça Souza**  
(Presidente/Orientador)

---

**Leoni Pentiado Godoy**

---

**José Vanderlei Prestes de Oliveira**

Santa Maria, 21 de maio de 2004.

A melhoria da qualidade  
nunca é um acidente, mas sempre o  
resultado de um esforço inteligente.

(John Ruskin)

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Dr. Adriano Mendonça Souza, pela orientação, amizade e auxílio na realização deste trabalho.

A minha família, que sempre me apoiou em todas etapas da minha vida acadêmica.

A Danton, pelo carinho, amor e companheirismo e participação, pois além do papel de esposo também foi colega na Pós-Graduação.

Aos demais colegas e amigos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE ANEXOS.....</b>	<b>xv</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xvi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Tema da pesquisa.....	5
1.2 Importância da pesquisa.....	5
1.3 Objetivos.....	6
1.4 Metodologia.....	7
1.5 Delimitação da pesquisa.....	8
1.6 Estrutura do trabalho.....	8
<b>2 GRÁFICOS DE CONTROLE ESTATÍSTICO.....</b>	<b>10</b>
2.1 Controle estatístico do processo.....	10
2.2 Gráficos de controle.....	15
2.3 Gráficos de controle por variáveis.....	18
2.3.1 Gráfico $\bar{X} - R$ .....	19
2.3.2 Gráfico $\bar{X} - s$ .....	23
2.3.3 Gráfico X individual.....	28
2.4 Gráficos de controle por atributo.....	30
2.4.1 Gráfico p.....	30
2.4.2 Gráfico np.....	33
2.4.3 Gráfico c.....	34
2.4.4 Gráfico u.....	36
2.5 Linguagem HTML.....	37

2.6. Ferramenta PHP (PHP Hipertex Preprocessor).....	39
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>42</b>
3.1 Construção do tutorial informativo e interativo CEP.....	42
3.2 Ferramenta CEP on-line.....	45
3.3 A certificação ISO 9001 e a ferramenta de qualidade CEP.....	47
<b>4 APLICAÇÃO E ESTUDO DE CASOS.....</b>	<b>51</b>
4.1 Estudo de caso atomizar barbotina.....	51
4.2 Estudo de caso fabricação de pequenos recipientes.....	69
4.3 Estudo de caso satisfação dos clientes.....	73
4.4 Estudo de caso placas de circuito impresso.....	78
4.5 Estudo de caso computadores pessoais.....	84
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>90</b>
5.1 Recomendações.....	91
<b>6 BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>92</b>
<b>7 ANEXOS.....</b>	<b>95</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Empresas que possuem certificação ISO 9001.....	48
TABELA 02 – Empresas que utilizam a ferramenta de qualidade CEP no processo produtivo.....	49
TABELA 03 – Dados da variável umidade da barbotina.....	54
TABELA 04 – Dados da temperatura do forno do atomizador.....	60
TABELA 05 – Dados da temperatura do atomizador.....	65
TABELA 06 – Dados da variável recipiente.....	70
TABELA 07 – Dados da variável clientes insatisfeitos.....	75
TABELA 08 – Dados da variável placas de circuito impresso.....	80
TABELA 09 – Dados da variável computadores pessoais.....	86



## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 01 – Tipos de gráficos de controle com adaptações.....	17
QUADRO 02 – Casos de padrões anormais de um processo.....	26

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Gráfico de controle $\bar{X}$ fora de controle.....	16
FIGURA 02 – Gráfico de controle $\bar{X}$ sob controle.....	17
FIGURA 03 – Zonas de distribuição dos pontos num padrão normal de variação.....	26
FIGURA 04 – Tela inicial do site tutorial informativo sobre CEP.....	53
FIGURA 05 – Seleção do gráfico para variáveis X individual.....	54
FIGURA 06 – Entrada do número de amostras da variável umidade da barbotina.....	56
FIGURA 07 – Entrada de dados da amostra da variável umidade da barbotina.....	57
FIGURA 08 – Gráfico de controle X para medidas individuais da variável umidade da barbotina.....	58
FIGURA 09 – Seleção do gráfico de controle para variáveis $\bar{X}$ - R.....	59
FIGURA 10 – Entrada do número de subgrupos e do número de observações em cada subgrupo.....	61
FIGURA 11 – Entrada de dados da amostra da variável temperatura do forno.....	62
FIGURA 12 – Gráfico de controle $\bar{X}$ - R da variável temperatura do forno.....	63
FIGURA 13 – Seleção do gráfico de controle para variáveis $\bar{X}$ - s.....	64

FIGURA 14 – Entrada do número de subgrupos e do número de observações em cada subgrupo.....	66
FIGURA 15 – Entrada de dados da amostra da variável temperatura do atomizador.....	67
FIGURA 16 – Gráfico de controle $\bar{X}$ - s da variável temperatura do atomizador.....	68
FIGURA 17 – Seleção do gráfico de controle por atributo p.....	70
FIGURA 18 – Número de subgrupos e observações em cada subgrupo da variável recipientes.....	71
FIGURA 19 – Entrada dos dados da amostra da variável recipientes.....	72
FIGURA 20 – Gráfico de controle por atributo p da variável recipientes.....	73
FIGURA 21 – Seleção do gráfico de controle por atributo np.....	74
FIGURA 22 – Número de subgrupos e número de observações em cada subgrupo da variável clientes insatisfeitos.....	76
FIGURA 23 – Entrada de dados da amostra da variável clientes insatisfeitos.....	76
FIGURA 24 – Gráfico de controle por atributo np da variável clientes insatisfeitos.....	77
FIGURA 25 – Seleção gráfico de controle por atributo c.....	80
FIGURA 26 – Número de subgrupos e número de observações em cada subgrupo da variável placas de circuito impresso.....	82
FIGURA 27 – Amostra de dados da variável placas de circuito impresso.....	82

FIGURA 28 – Gráfico de controle por atributo c da variável placas de circuito impresso.....	83
FIGURA 29 - Seleção do gráfico de controle por atributo u.....	85
FIGURA 30 – Entrada de dados do número de amostras.....	87
FIGURA 31 – Entrada de dados da amostra e do número de defeitos da variável computadores pessoais.....	88
FIGURA 32 – Gráfico de controle por atributo u da variável computadores pessoais.....	89

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEP - Controle Estatístico do Processo

CUSUM - Cumulative Sum - Soma Cumulativa

EWMA - Exponentially Weighted Moving Average - Média Móvel  
Exponencialmente Ponderada

LC - Linha Central

LIC - Limite Inferior de Controle

LSC – Limite Superior de Controle

TQC – Controle da Qualidade Total

TQM – Gerenciamento da Qualidade Total

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\sigma_{\bar{x}}$  - Desvio padrão das médias dos subgrupos

$\sigma_R$  - Desvio padrão dos ranges dos subgrupos

$\bar{R}$  - Média dos ranges dos subgrupos

$\bar{p}$  - Fração defeituosa média para todos os subgrupos

$\bar{\bar{X}}$  - Média das médias dos subgrupos

$\bar{s}$  - Média dos desvios padrões dos subgrupos

$\bar{u}$  - Número médio de defeitos por unidade em todos os subgrupos

$\bar{X}_i$  - Média do i-ésimo subgrupo

$\bar{R}_i$  - Range do i-ésimo subgrupo

$A, B_5, B_6$  - São fatores retirados da tabela A, para cálculo dos limites de controle

$A_2$  - constante usada para determinar os limites de controle do gráfico

$A_3, B_3, B_4$  - Fatores retirados da tabela A, para cálculo dos limites de controle

$c$  - Gráfico de controle do número de defeitos

$C_4$  - Fator retirado da tabela A, para estimativa de  $a$  partir de;

$d_2$  - fator de correção

$d_i$  - Defeitos de cada subgrupo

$g$  - Número de subgrupos

$n$  - número de elementos da amostra

$np$  - Gráfico de controle do número de unidades defeituosas em uma amostra

$np_d$  - Número de defeituosos nos subgrupos descartados

$p$  - gráfico de controle da fração defeituosa

$p_i$  - Número de defeitos

$s$  - Gráfico de controle para o desvio padrão

$R_d$  - Amplitude dos subgrupos descartados

$R$  - Gráfico de controle para a amplitude

$s_i$  - Desvio padrão do  $i$ -ésimo subgrupo

$u$  - Gráfico de controle do número de defeitos por unidade

$\bar{X}$  - Gráfico de controle para medidas individuais

$E_2$  - fator usado no cálculo dos limites de controle para o gráfico  $\bar{X}$  individual

$\bar{R}_m$  - Amplitude móvel

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A - Fatores para o cálculo dos limites de controle ( $3\sigma$ ) para os gráficos: $\bar{X}$ , $R$ e $s$ .....	96
ANEXO B – Fatores para cálculo de limites de controle.....	97



## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Maria

### DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO ON-LINE POR MEIO DE GRÁFICOS DE CONTROLE

AUTORA: Vanusa Beatriz Hackenhaar Pierret  
ORIENTADOR: Adriano Mendonça Souza  
DATA E LOCAL: Santa Maria, 21 de maio de 2004.

Com a crescente globalização da economia e abertura de novos mercados, as empresas estão sendo impulsionadas a investir em outras formas de gestão e em tecnologias que intensifiquem a sua competitividade no mercado e proporcionem um aumento na qualidade e no custo/benefício de seus produtos e serviços. Neste contexto, o objetivo deste trabalho consiste em criar um site<sup>1</sup> interativo sobre o Controle Estatístico do Processo (CEP), o qual possa contribuir para que as empresas tenham noções teórico-práticas do funcionamento dessa ferramenta e de sua aplicação. Para tanto, serão utilizadas as ferramentas do Controle Estatístico do Processo (CEP), visando auxiliar as empresas a tornar previsíveis as saídas de seus processos de produção e, ao mesmo tempo, aumentar a qualidade de seus produtos e serviços, evitando o refugo e o retrabalho. Dessa forma, descrevem-se os conceitos e os softwares<sup>2</sup> utilizados, na análise, construção e implementação do site interativo. Posteriormente, o aplicativo criado foi testado e avaliado, utilizando-se para isso amostras de estudos de casos. Os resultados obtidos revelaram que é eficiente, uma vez que os gráficos gerados permitem ao usuário uma visão real e concreta baseada nas informações fornecidas ao aplicativo “CEP *on-line*”. Finalmente, com base nos resultados, deve-se proceder a um estudo mais aprofundado com relação a algumas limitações que o aplicativo apresenta, tais como o tamanho da amostra, pois se restringe a amostras somente de tamanho constante, e os cálculos dos limites revisados, os quais não são efetuados pelo aplicativo.

*Palavras chave: Controle Estatístico do Processo, Site, qualidade, aplicativo.*

---

<sup>1</sup> Conjunto de páginas Web.

<sup>2</sup> Programa computacional.

**ABSTRACT**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Maria

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO DO CONTROLE  
ESTATÍSTICO DO PROCESSO ON-LINE POR MEIO DE  
GRÁFICOS DE CONTROLE**

**(EVALUATION OF THE CONTROL STATISTICIAN OF THE TRIAL ON-LINE BY MEANS  
OF GRAPHICS OF CONTROL)**

AUTHOR: Vanusa Beatriz Hackenhaar Pierret

ADVISOR: Adriano Mendonça Souza

DATE AND PLACE: Santa Maria, may 21, 2004.

With the extent of the globalization from the economy and new market opening, companies are being impelled to invest in other forms of management and in technologies that intensify its competitiveness on the market and provide an increasing in the quality and in the cost/benefit of their products and services. In this context, the purpose of this work consists of creating an interactive site about the Control Statistician of the Trial (CEP), that could help companies to have theoretical-practical notions of the operation of this tool and of its application. In order to get that, the tools of the Control Statistician of the Trial (CEP) will be used, helping companies to foresee departures of its output trials and, at the same time, increase the quality of its products and services, avoiding scraps and redo. In this way, the concepts and the software used in the analysis, construction and implementation of the site interactive are described. Subsequently, the created tool has been quizzed and evaluated, by the use of samples of study cases. Results obtained revealed that it is efficient, since its generated graphics show the user a real and concrete vision based on the supplied information for the CEP *on-line* program. Finally, based on the results, a deeper study regarding some limitations presented by the tool must continue, like the size of the sample and review calculus of limits, which are not performed by the program.

*Key-words : Control Statistician of the Trial, Site, Quality, aplicativo.*

## 1 INTRODUÇÃO

Os cenários nacional e internacional, regidos pela formação de blocos econômicos, fim das reservas de mercado, globalização da economia e surgimento rápido de novas tecnologias, impõem às empresas a obtenção do grau máximo de racionalização, competitividade, modernidade e qualidade de seus produtos e serviços.

A qualidade é um conceito que intuitivamente faz parte do dia-a-dia da empresa, pois consiste em algo que o ser humano vem buscando quando da realização das suas atividades. Segundo Juran & Gryna apud Paladini (2000, p. 27), “qualidade é adequação ao uso”, é um processo que prioriza todos os elementos do produto ou serviço que sejam relevantes para o consumidor, tendo como itens fundamentais a satisfação do consumidor e o sucesso da empresa na avaliação da qualidade.

Para Crosby (1990), a missão da qualidade envolve ajudar as empresas a desenvolver uma estratégia global que lhes seja útil com o passar dos anos, e isso deve ser constantemente atualizado. Atualmente, assiste-se a um aumento de funções ligadas à qualidade que são consideradas essenciais para o êxito das organizações.

Um referencial da qualidade é o *Total Quality Control* (TQC), ou Controle da Qualidade Total, que surgiu em 1961 com Feigenbaun. Em sua abordagem, a qualidade deixa de ser responsabilidade de um departamento especializado em seu controle e passa a ser função de todas as áreas da empresa.

Segundo Paladini (2000), a Qualidade Total expande a necessidade de se ter eficiência no relacionamento de todos os elementos que compõem o

modelo da empresa inserida em um contexto mais amplo. Dessa forma o TQC pode ser definido como um conjunto de atividades, envolvendo toda a empresa, que tem como objetivo assegurar o resultado final do empreendimento.

Enfim, o TQC caracteriza-se como uma filosofia ampla, que procura evitar falhas em cada etapa do processo de produção tendo como foco a satisfação do consumidor (CAMPOS, 1992; ISHIKAWA, 1994).

Outra definição relevante da gestão da qualidade total, foi estruturada por Joseph Juran, um dos que criou a sigla *Total Quality Management* (TQM), traduzida para Gestão da Qualidade Total, que tem como elemento básico o planejamento. A TQM tem sido freqüentemente usada para aumentar a produtividade, reduzir os custos através da eliminação do refugo e do retrabalho, diminuir os problemas ligados a produtos e serviços, satisfazer o cliente e também para intensificar a competitividade.

Para conduzir e operar com sucesso uma organização, é necessário dirigí-la e controlá-la de maneira transparente e sistemática. O sucesso pode resultar da implementação e da manutenção de um sistema de gestão concebido para melhorar continuamente o desempenho, levando em consideração, ao mesmo tempo, as necessidades de todas as partes interessadas. A administração de uma organização contempla a gestão da qualidade, entre outras disciplinas de gestão. Oito princípios de gestão da qualidade foram identificados, os quais podem ser usados pela alta direção para conduzir a organização à melhoria do seu desempenho, que são o foco no cliente, a liderança, o envolvimento de pessoas, a abordagem do processo, a abordagem sistêmica para a gestão, a melhoria contínua, a

abordagem factual para a tomada de decisões e os benefícios mútuos nas relações com os fornecedores.

Sendo assim, observa-se a necessidade de que as empresas tenham conhecimento sobre os programas computacionais de qualidade existentes, que podem possibilitar à empresa alcançar excelência em produtos e serviços. Todas as empresas buscam uma posição competitiva no mercado atual através do aumento da produtividade e da qualidade de seus produtos e serviços, o que exige que os processos de fabricação sejam confiáveis, e o Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma das suas principais ferramentas, em que a conformidade do produto passa a ser uma consequência direta do processo sob controle.

Embora o CEP pareça ser apenas uma coleção de ferramentas baseadas em estatísticas para resolver problemas, para que a mesma seja utilizada com sucesso, é importante que exista algo mais do que o simples aprendizado e uso dessas ferramentas. É necessário que haja um envolvimento gerencial e um compromisso com o processo de melhoria de qualidade que são os componentes vitais do sucesso potencial do CEP (MONTGOMERY & RUNGER, 2003).

Um sistema deve ter uma meta, cujo desenvolvimento e declaração permitem que as pessoas as quais estão dentro desse sistema compreendam o que pretendem alcançar. Os planejadores de sistemas utilizam muitas ferramentas e disciplinas, que variam de psicologia e comportamento humano a fluxograma e estatística. O pensamento estatístico e o conhecimento de variação estão integrados ao planejamento de melhoria. Nesse aspecto, os gráficos de controle são uma forma de planejar, correspondendo a uma moldura para visualizar o sistema.

Tais gráficos são ferramentas importantes para melhoria do processo, como meios de monitorar as variações que ocorrem nas características de um produto ou serviço. Como os processos não operam naturalmente em um estado sob controle, o uso de gráficos de controle deve ocorrer em um programa de qualidade para eliminar as causas atípicas, reduzir a variabilidade do processo. Os gráficos de controle, portanto, são essenciais para essa mudança na abordagem gerencial (MONTGOMERY & RUNGER, 2003).

Com o aumento da competitividade no setor produtivo, a melhoria contínua do processo só pode ser alcançada à medida que se tentam implantar novas metodologias, mediante a utilização do controle estatístico do processo e da análise estatística. Neste contexto, aplicativos interativos que tenham enfoque estatístico tornam-se importantes no sentido de fornecer conhecimentos e apresentar resultados gráficos, possibilitando a aplicação de técnicas de melhoria contínua na elaboração de produtos e serviços.

Um aplicativo interativo deve levar o usuário a querer intervir, alterando seu percurso no aplicativo, mostrar informações novas. Enfim, o grande foco das pesquisas atuais em interatividade é criar ambientes em que o usuário faça o seu percurso e não simplesmente escolha entre diferentes caminhos conhecidos. E, para que o roteiro seja novo e coerente, é essencial que o programa se adapte constantemente ao usuário, isto é, seja inteligente, permita a bidirecionalidade e a multiplicidade de conexões.

## 1.1 Tema da pesquisa

O tema da presente pesquisa é criar um site informativo e interativo sobre Controle Estatístico do Processo, bem como disponibilizar, um aplicativo *on-line* que permita ao usuário gerar gráficos de controle para atributos e para variáveis.

## 1.2 Importância da pesquisa

De acordo com Farias (2001), a ISO 9000:2000 contempla a necessidade de implantação do Controle Estatístico de Processos – CEP nas linhas de produção. Segundo o autor, o prazo estabelecido para as empresas certificadas que não possuíam CEP implantado na produção se adequarem as normas expirou em novembro de 2003.

Neste contexto, a nova versão da ISO 9001:2000 vem reafirmar a necessidade da implantação do CEP nas linhas de produção das empresas, permitindo que o operador perceba as tendências no processo e possa planejar ações para evitar o refugo ou o retrabalho. A ISO 9001 enfatiza o uso de métodos estatísticos nos requisitos das seções 7 e 8 da norma, mais especificamente no que diz respeito à realização do produto, à medição, análise e melhoria.

Considerando este fato, bem como uma pesquisa realizada em empresas de vários segmentos sobre o uso do CEP e a certificação ISO 9001, este trabalho propõe-se a disponibilizar *on-line* um *site* interativo sobre o Controle Estatístico do Processo (CEP), com o objetivo de informar, atualizar e possibilitar que, através desse *site*, os operadores,

empresários e demais interessados nesta ferramenta possam verificar como se encontra o processo produtivo de sua empresa, além de mostrar as vantagens do CEP àquelas empresas que ainda não o implantaram em sua linha de produção.

Outro fator relevante é a carência de sites interativos na WEB sobre este assunto, bem como a falta de recursos e também de conhecimento das pequenas e médias empresas para investir em ferramentas estatísticas de qualidade. Sob este aspecto optamos por disponibilizar *on-line* o “**Site Tutorial Informativo e Interativo CEP**”, bem como o aplicativo “*CEP on-line*”, que possibilita que a empresa tenha acesso aos mesmos, de qualquer local sem custos adicionais, contribuindo assim para que a empresa tenha um controle da sua produção, podendo intervir no processo para evitar perdas, e conseqüentemente aumentar seus lucros.

### 1.3 Objetivos da pesquisa

#### 1.3.1 Objetivo geral

Criar um tutorial informativo e interativo sobre o controle estatístico de processos que permita ao usuário interagir com o aplicativo “*CEP on-line*”, gerando gráficos de controle X individual,  $\bar{X}$ , R e s, além dos gráficos p, np, u e c, através da inserção de dados.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- Estudar os gráficos de controle  $\bar{X} - R$ ,  $\bar{X} - s$ , X, p, np, u, c, suas aplicações e benefícios para aplicação da metodologia proposta;



- Abordar o conceito de CEP, as vantagens de seu uso e a adequação a ISO 9001;
- Avaliar a estabilidade do processo produtivo e a eficácia do aplicativo criado por meio de sua aplicação em estudos de casos;
- Promover a interatividade através de um *site* sobre CEP e de gráficos de controle, com a disponibilização do mesmo.

#### 1.4 Metodologia

Visando disponibilizar um aplicativo interativo sobre CEP para as empresas terem conhecimento de como essa ferramenta estatística pode controlar o seu processo produtivo, adotou-se a metodologia a seguir. Primeiramente, realizou-se a revisão de literatura, com a finalidade de identificar teoricamente a utilização do CEP e dos gráficos de controle, bem como as linguagens que melhor se adequassem ao *browser*<sup>3</sup>. Em seguida, foi realizada uma pesquisa na *WEB*<sup>4</sup> para verificar a existência deste tipo de *site* interativo. Também foi feita uma pesquisa aleatória em empresas de vários segmentos para verificar se as mesmas possuíam certificação ISO e se utilizavam a ferramenta estatística de qualidade CEP. Na seqüência, fez-se um estudo em alguns *software* de CEP existentes e definiram-se as linguagens de programação *Personal Home Page* (PHP<sup>5</sup>) e *HiperText Markup Language* (HTML<sup>6</sup>). Após, passou-se ao estudo do processo de construção e implementação do aplicativo interativo sobre o

---

<sup>3</sup> Programas usados para decodificar a informação da web, apresentando interface gráfica intuitiva.

<sup>4</sup> Rede.

<sup>5</sup> Personal Home page

<sup>6</sup> HiperText Markup Language

controle estatístico do processo. Para finalizar, foram realizadas aplicações de estudos de casos com a aplicativo criada.

### **1.5 Delimitação da pesquisa**

As linguagens de programação utilizadas na implementação deste trabalho de pesquisa foram a linguagem PHP e a HTML, visto que não apresentaram problemas para serem executadas no *browser*.

Em relação aos gráficos de controle, foram abordados somente os gráficos  $\bar{X}$ , R, s, X, p, np, u e c, ficando os demais para serem estudados em trabalhos futuros.

Apesar da ferramenta PHP permitir acesso ao código fonte, o código do aplicativo interativo “CEP *on-line*” não foi liberado para alterações. O “CEP *on-line*” não efetuou os cálculos dos limites de controle revisados, limitando-se a apontar somente os pontos fora de controle.

No que diz respeito ao tamanho do subgrupo, o mesmo foi constante e o tamanho da amostra dos subgrupos foi igual ou superior a 20 elementos.

### **1.6 Estrutura do trabalho**

Para atender aos objetivos propostos, o trabalho foi organizado em cinco capítulos.

O primeiro capítulo traz uma visão geral do trabalho, sua importância, bem como seus objetivos, geral e específicos, a metodologia, a delimitação da pesquisa e sua estrutura.

O segundo, apresenta uma revisão de literatura sobre o Controle Estatístico do Processo bem como uma descrição sobre os gráficos de

controle e suas aplicações, as quais são utilizadas no presente trabalho, além de uma introdução referente à linguagem HTML, usada na construção do *site*, e à linguagem PHP.

No terceiro capítulo, são abordados os *softwares* e as linguagens de programação utilizadas para a construção do *site* interativo. Também, um estudo realizado em empresas de vários segmentos relativo à certificação ISO 9001 e ao CEP.

O quarto tem como foco a aplicação e os estudos de casos do aplicativo desenvolvido. E, para concluir, no último capítulo, são apresentadas as conclusões, as sugestões para trabalhos futuros e a bibliografia.

## 2 GRÁFICOS DE CONTROLE ESTATÍSTICO

Atualmente, as empresas têm como meta uma posição competitiva no mercado através do aumento da produtividade e da qualidade de seus produtos. Isso faz com que a empresa busque processos de fabricação confiáveis, como o Controle Estatístico do Processo (CEP), o qual consiste numa das principais ferramentas de análise para o controle de qualidade.

Neste capítulo serão apresentados os conceitos que envolvem o CEP, bem como os gráficos de controle univariados de Shewhart e as linguagens de programação HTML e PHP.

### 2.1 Controle estatístico do processo

Desde as primeiras civilizações, há registros de uso dos conceitos de qualidade quando o homem já procurava o que era melhor, ou o que mais se adequasse as suas necessidades.

Com o objetivo de atender às necessidades dos clientes, técnicas estatísticas foram desenvolvidas para controlar a qualidade. Walter A. Shewhart reconheceu a variabilidade como inerente aos processos industriais, utilizando para o controle de processos técnicas estatísticas. Foram criados conceitos como “risco do produtor e consumidor, probabilidade de aceitação, fração defeituosa tolerável e nível de qualidade aceitável” (PALADINI, 1995, P.33).

Outras técnicas de acordo com Barçante (1998), foram desenvolvidas para combater a ineficácia e a impraticabilidade apresentadas pela inspeção 100%.

A crescente expansão das indústrias neste período e a utilização de mão-de-obra pouco preparada pela urgência do incremento da produção, afetaram os níveis da qualidade de produtos e serviços. Estes aspectos ampliaram, num momento, os procedimentos de controle e inspeção, e conseqüentemente, geraram a seguir a necessidade da estruturação de programas formais de qualificação de pessoal (PALADINI, 1995).

Ao longo dos anos, chegou-se à conclusão de que não existe processo de produção perfeito. Bens ou serviços são produzidos por processos que geralmente estão sujeitos, em vários estágios, a uma variabilidade considerável. A existência dessa variabilidade faz com que seja necessário o uso de métodos estatísticos para aperfeiçoar o processo produtivo e identificar e eliminar os fatores que o limitam.

De acordo com Montgomery & Runger (2003, p. 361), “o campo de controle estatístico da qualidade pode ser largamente definido como aqueles métodos estatísticos e de engenharia que são usados na medida, na monitorização, no controle e na melhoria da qualidade.”

O controle estatístico da qualidade tem como meta atingir uma garantia de qualidade para tornar-se fator básico de decisão do consumidor em relação a produtos e serviços. Esse fator é determinante no sucesso de uma organização no que diz respeito à rentabilidade do processo produtivo e à manutenção no mercado globalizado. Para que este nível de qualidade seja alcançado, é necessário o comprometimento de todos os envolvidos na melhoria contínua visando a estabilidade do processo.

Sendo assim, o controle estatístico da qualidade divide-se em controle de produção e controle de inspeção da qualidade. O primeiro caso ocorre durante o processo produtivo e tem como meta manter a qualidade do

produto satisfazendo as especificações de produção. Possui como dispositivo principal os gráficos de controle, os quais objetivam controlar a qualidade. Já o segundo caso é geralmente adotado de comum acordo entre o consumidor e o produtor, de forma que um sabe o que pode esperar do outro. O principal dispositivo para a inspeção da qualidade são os planos de inspeção por amostragem, os quais, têm como objetivo fornecer uma linha de ação em relação à aceitação ou não de lotes (BRAVO, 1995).

Esses dois tipos de controle, tanto o de inspeção quanto o de produção, podem ser executados por atributos ou variáveis. No caso de atributos, o produto é simplesmente classificado como possuindo ou não um certo atributo qualitativo. No caso de serem executados por variáveis, o controle ou inspeção do produto é efetuado por meio de mensurações, em escala contínua de características de qualidade, como resistência, comprimento, entre outros.

Desta forma, o CEP pode ser entendido como um conjunto de ferramentas práticas para monitoramento de processos, utilizado para informar os empresários sobre algo que lhes permitam tomar decisões relativas à especificação, inspeção e produção do produto, bem como à avaliação do produto final (SAMOHYL & CORVALÃO, 2004).

O CEP, desenvolvido por Shewhart, é uma metodologia gráfica que determina quando o processo está fora do controle, o qual é investigado para revelar as possíveis causas dessa condição.

É comum o CEP ser considerado como um conjunto de ferramentas que são usadas para resolver problemas e podem ser aplicadas em qualquer processo. As ferramentas mais importantes do CEP são o histograma, o gráfico de pareto, o diagrama de causa-e-efeito, o diagrama de defeito-

concentração, o gráfico de controle, o diagrama de dispersão e a folha de verificação. Contudo, embora essas ferramentas constituam parte importante do CEP, abrangem apenas a parte técnica do assunto em questão. De acordo com Montgomery & Runger (2003, p. 361), “um elemento igualmente importante do CEP é a atitude – um desejo de todos os indivíduos na organização para a melhoria contínua na qualidade e na produtividade através da redução sistemática da variabilidade.”

O controle estatístico do processo, de acordo com Guedes (2002), é um método estatístico de monitoramento de qualquer processo produtivo, considerado eficiente por trabalhar com base na Estatística Aplicada, seguro pela sua aplicação no dia-a-dia das atividades industriais e rápido por trabalhar com pequenas amostras que representam toda a população. Tem como objetivo controlar a qualidade de produtos e serviços no momento da produção visando reduzir a variabilidade e atingir uma qualidade maior.

Inevitavelmente ocorrem variações entre um produto e outro, visto que não existem dois produtos ou duas características exatamente iguais. As diferenças sempre acontecem, embora muitas vezes não possam ser medidas. As causas das variações no processo podem ser divididas em dois grupos:

a) **Causa Comum** de variação, segundo Rotandaro (2002, p. 296), pode ser definida como “uma fonte de variação que afeta todos os valores individuais de um processo. É resultante de diversas origens sem que nenhuma tenha predominância sobre a outra”.

b) **Causa Especial** é aquela cuja fonte de variação é relativamente grande, afetando o processo de maneira imprevisível e impossibilitando a obtenção de um padrão ou distribuição de probabilidade. De acordo com Rotondaro (2002, p. 297), “costuma ser chamada também de causa esporádica em virtude de sua natureza, diferencia-se da causa comum pelo fato de produzir resultados discrepantes em relação aos demais valores”.

De acordo com Grant & Leavenworth (1980), “variações que são maiores que as variações que acontecem a curto prazo e aquelas que só aparecem em um tempo longo, devem acontecer devido às causas especiais e devem ser corrigidas.”

Neste contexto, Montgomery & Runger (2003, p. 361) salientam que, “em qualquer processo de produção, independente do quão bem projetado ou cuidadosamente mantido ele seja, uma certa quantia de variabilidade inerente ou natural sempre existirá.”

Para determinar se um processo está sendo afetado por causas comuns ou especiais, são utilizados os gráficos de controle, os quais baseiam-se nas amostras dos produtos e das medições e/ou atributos. Gráficos são feitos em função dos dados coletados da variável de interesse para auxiliar na análise. A chave para a operação dos cálculos e gráficos no CEP é a premissa de que as variações inerentes ao processo afetarão todas as medidas e que serão estáveis com o passar do tempo.



## 2.2 Gráficos de controle

No ano de 1924, Shewhart introduziu o primeiro gráfico de controle de que se tem conhecimento como um procedimento estatístico para controlar processos produtivos.

O gráfico tem como objetivo principal possibilitar a visualização das ocorrências do processo ao longo do período, incorporando esta natureza dinâmica e evidenciando quaisquer anormalidades que eventualmente se manifestem durante o ciclo produtivo de produtos e serviços (NUNES, 2003).

Além do controle efetivo sobre a produção, o uso dos gráficos de controle proporciona outras vantagens indiretas, tais como verificações periódicas do desempenho no setor produtivo, comparações da qualidade e de produtos provenientes de outros setores e, o que talvez seja o mais importante, a motivação para a qualidade no pessoal envolvido com a produção (BRAVO, 1995).

O gráfico de controle também é definido como:

“um instrumento para descrever exatamente o que se entende por controle estatístico e como tal, pode ser usado de várias maneiras, ou seja, para monitorização on-line do processo, desenvolvimento de um sistema efetivo para uma ação correta, é um componente essencial de uma implementação efetiva de CEP, podendo ser usado também como um instrumento de estimação (Montgomery & Runger, 2003, p.363).”

O gráfico de controle idealizado por Shewhart é compõe-se de três linhas paralelas: uma linha central (LC) que mostra o nível de operação do processo, e duas linhas externas, chamadas de limite superior de controle (LSC) e limite inferior de controle (LIC).

Pode ser mesmo pode ser considerado um modelo pictórico, que mostra a variabilidade de uma característica do processo ao longo do tempo. É um gráfico de coordenadas no qual a identificação dos subgrupos, seja um número ou o instante de coleta da amostra, é marcada no eixo horizontal (eixo dos x), e a unidade de medida da variável é indicada no eixo vertical (eixo y). São traçadas ainda três retas horizontais: uma em traço cheio no centro do gráfico, para representar o valor médio da variável, e duas retas tracejadas, uma acima e outra abaixo da reta central, para indicar, respectivamente, os limites superior e inferior do controle do processo.

Apesar de a descrição e a operação de um gráfico de controle serem simples, são fatores importantes na sua composição a frequência e o tamanho da amostra, bem como a localização dos limites de controle.

Durante o processo de fabricação de um produto ou serviço, a qualidade do mesmo pode estar sujeito a variações, que podem ser classificadas em dois tipos, conforme mostram as Figuras 01 e 02.

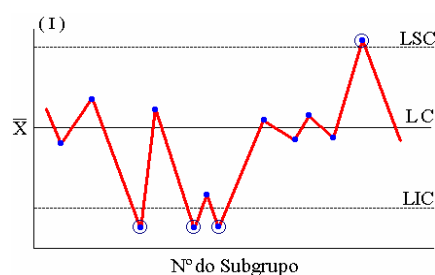


FIGURA 01 - Gráfico de controle  $\bar{X}$  fora de controle

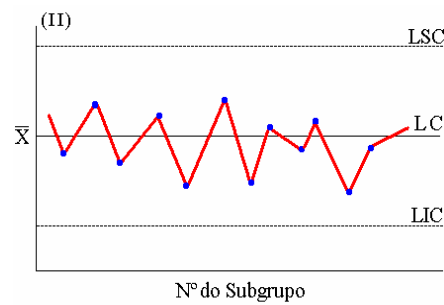


FIGURA 02 - Gráfico de controle  $\bar{X}$  sob controle

Existem dois tipos de gráficos de controle segundo Kume (1993, p.100), um para valor contínuo e outro para valor discreto, que estão descritos no Quadro 01.

QUADRO 01 - Tipos de gráficos de controle com algumas adaptações

Valor Característico	Tipos de gráficos
Valor contínuo	Gráfico $\bar{X}$ - R (média e amplitude) Gráfico $\bar{X}$ - s (média e desvio padrão) Gráfico X (valor individual)
Valor discreto	Gráfico np (número de itens defeituosos) Gráfico p (fração defeituosa) Gráfico c (número de defeitos) Gráfico u (número de defeitos por unidade)

Fonte: Kume (1993, p. 100)

O formato dos gráficos de controle muda de acordo com a natureza dos dados avaliados. Com isso temos os gráficos de variáveis para registrar as características mensuráveis do produto ou serviço e os gráficos de atributos, que registram as características não mensuráveis.

### 2.3 Gráficos de controle por variáveis

De acordo com Levine, Berenson & Stephan (2000), os gráficos de controle por variáveis são usados para monitorar o processo quando a característica de interesse é mensurada em uma escala de intervalo ou de razão. Estes gráficos são geralmente utilizados em pares. Os gráficos da  $R$  e  $s$  monitoram a variação de um processo, enquanto os gráficos  $\bar{X}$  monitoram a média do processo. O gráfico que monitora a variabilidade deve ser examinado sempre em primeiro lugar, pois, se ele indicar a uma condição fora do controle, a interpretação do gráfico para a média será enganosa.

Os gráficos de controle por variáveis permitem o controle de uma única característica quantitativa a cada vez. Se houver mais de uma característica a ser controlada, será necessário aplicar um gráfico de controle para cada uma delas. Para fins de controle, devem ser escolhidas as variáveis que causam rejeição ou retificação do produto, envolvendo custos substanciais.

Os gráficos de controle por variável aleatória contínua são regidos pela função de densidade de probabilidade normal  $(\mu, \sigma^2)$  e agrupam grande parte dos gráficos de controle usados na indústria, como os gráficos de Shewhart de amplitude  $R$ , e de desvio padrão  $s$  (LAGO NETO, 1999).

Segundo Bartmann (1986), os gráficos de controle para atributo não usam toda a informação disponível sobre a distribuição dos valores assumidos pelas variáveis, portanto tendem a serem ineficazes no controle de aspectos quantitativos da qualidade. Desta maneira, percebe-se que procedimentos mais eficientes são necessários para o tratamento dessas

situações. Já os gráficos de controle para variáveis fornecem um maior número de informações a respeito do desempenho do processo do que os gráficos para atributos. Quando se quer analisar um aspecto quantitativo da qualidade, em geral, controla-se o valor médio e a variabilidade por meio de gráficos separados.

O gráfico da média ( $\bar{X}$ ) é utilizado para o controle do valor médio do desempenho do processo. O gráfico do desvio padrão ( $s$ ) e o mais comum, que é denominado de amplitude (gráfico  $R$ ), são utilizados para o controle da variabilidade do processo.

De acordo com Siqueira (1997), os gráficos  $\bar{X}$  e  $R$ , são os mais utilizados, embora algumas empresas prefiram o gráfico  $s$  do desvio padrão para controlar a dispersão do processo. Se compararmos o gráfico de controle  $R$  com o gráfico de controle  $s$ , constatamos que o primeiro é mais fácil de ser aplicado e construído enquanto o segundo é mais preciso à medida que o tamanho do subgrupo aumenta.

### 2.3.1 Gráfico $\bar{X}-R$

Este gráfico é usado para controlar e analisar um processo com valores contínuos de qualidade do produto, como o comprimento, o peso ou a concentração. Tais valores fornecem maior quantidade de informações sobre o processo.

De acordo com Paranthaman (1990), o uso dos gráficos de controle  $\bar{X}$  e  $R$ , deve ocorrer sempre que uma característica da qualidade observada é expressa em unidades reais como peso em quilogramas, comprimento em centímetros, temperatura em graus *Celsius*.

Ainda segundo o autor esses gráficos devem ser usados simultaneamente, para controlar a variação da média ( $\bar{X}$ ) e da amplitude (R), do processo em questão.

São descritos a seguir os passos para a construção dos gráficos de controle da média ( $\bar{X}$ ) e da amplitude ( R ). A elaboração dessas etapas baseou-se em Siqueira (1997) e Montgomery & Runger (2003):

1º) Determinar a característica da qualidade a ser controlada. A variável escolhida deve ser uma característica mensurável da qualidade, ou melhor, deve ter a possibilidade de ser expressa em números. Deve-se priorizar aquelas características da qualidade que afetam o desempenho do produto.

2º) Definir o método de amostragem e o tamanho da amostra através de um dos métodos especificados na seqüência:

- Método Instantâneo: retira-se a amostra correspondente ao subgrupo da produção, de forma simultânea ou consecutiva;

- Método Periódico: retira-se aleatoriamente a amostra que corresponde ao subgrupo da produção, realizada durante um determinado período, de maneira que ela seja representativa de toda a produção neste período.

Ainda com relação à amostragem os subgrupos devem ser retirados de lotes homogêneos, compostos por itens produzidos pela mesma máquina, operador e matriz.

A escolha do subgrupo depende da finalidade do gráfico de controle. Conforme Shewhart indicou: “o objetivo principal é não somente detectar o problema, mas também descobri-lo”. E tal descoberta naturalmente envolve

classificação. O profissional que obtiver sucesso na divisão inicial desses dados em subgrupos racionais, baseados em hipóteses racionais, estará dessa forma em melhor situação no trabalho do que aquele que não tiver obtido esse sucesso.

Não há uma regra definida quanto ao tamanho do subgrupo, o qual dependerá do volume de produção, do custo da inspeção e da importância da informação obtida. Normalmente, preferem-se amostras com tamanho entre quatro e cinco itens e subgrupos que variam de 20 a 25, pois fornecem uma boa estimativa sobre a dispersão do processo (VIEIRA, 1999).

3º) Coletar os dados, utilizando para isso um formulário, no qual os dados são geralmente registrados em colunas. No aplicativo, “CEP *on-line*” os mesmos são registrados seqüencialmente, lado a lado.

4º) Estabelecer o valor central e os limites de controle, que são obtidos usando-se as fórmulas.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g} \quad \text{e} \quad \bar{\bar{R}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{R}_i}{g}; \quad (2.1)$$

onde:

$\bar{\bar{X}}$  = média das médias dos subgrupos;

$\bar{X}_i$  = média do i-ésimo subgrupo;

$g$  = número de subgrupos;

$\bar{\bar{R}}$  = média dos ranges dos subgrupos;

$\bar{R}_i$  = range do i-ésimo subgrupo.

Os limites de controle para os gráficos  $\bar{X}$  e R são estabelecidos de acordo com os desvios padrões desejados, através das fórmulas abaixo.

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}}. \quad (2.2)$$

$$LC = \bar{\bar{X}} \quad (2.3)$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} \quad (2.4)$$

$$LSC_R = \bar{\bar{R}} + 3\sigma_R \quad (2.5)$$

$$LC = \bar{\bar{R}} \quad (2.6)$$

$$LIC_R = \bar{\bar{R}} - 3\sigma_R, \quad (2.7)$$

onde:

LSC = limite superior de controle;

LIC = limite inferior de controle;

LC = limite central;

$\sigma_{\bar{X}}$  = desvio padrão das médias dos subgrupos;

$\sigma_R$  = desvio padrão dos ranges dos subgrupos.

Na prática, os cálculos dos limites são simplificados pela utilização dos fatores  $A_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$ , para encontrar os limites de controle. Estes fatores variam de acordo com o tamanho do subgrupo e são encontrados na tabela do Anexo A.

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{\bar{R}} \quad (2.8)$$

$$LC = \bar{\bar{X}} \quad (2.9)$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{\bar{R}} \quad (2.10)$$

$$LSC_R = D_4\bar{\bar{R}} \quad (2.11)$$

$$LC = \bar{\bar{R}} \quad (2.12)$$

$$LIC_R = D_3\bar{\bar{R}}. \quad (2.13)$$



#### 5º) Interpretar os gráficos

Verifica-se, através de uma análise o comportamento dos pontos nos gráficos  $\bar{X}$  e R para ver se os mesmos estão sob controle. Se o processo estiver sob controle estatístico, adota-se o gráfico de controle para monitorar as observações atuais e futuras; caso contrário, conduzem-se ações de melhoria até que seja atingido o nível de qualidade desejado ao processo, em que os limites de controle são recalculados, e os pontos que ultrapassarem tais limites, descartados.

#### 2.3.2 Gráfico $\bar{X} - s$

Embora os gráficos de controle  $\bar{X} - R$  sejam os mais utilizados, algumas empresas preferem usar o gráfico do desvio padrão gráfico (s) para controlar a dispersão do processo de produção. Comparando-se os gráficos R e s, verifica-se que o gráfico R é mais fácil de ser construído e aplicado, enquanto que o gráfico s é mais preciso, visto que no cálculo do desvio padrão, são usados todos os dados dos subgrupos, e não apenas o maior e o menor valor, os quais são usados no cálculo da amplitude. No caso de o tamanho do subgrupo ser menor ou igual a 10, as cartas R e s apresentam o mesmo aspecto gráfico, contudo, a medida que o tamanho do subgrupo aumenta, o gráfico s torna-se mais preciso que o R, e por isso, deve ser utilizado (SIQUEIRA,1997).

A construção dos gráficos de controle  $\bar{X}$  e s é semelhante à construção dos gráficos  $\bar{X}$  e R, conforme visto anteriormente, diferenciando-se apenas nas fórmulas utilizadas para calcular o valor central e os limites de controle.

As etapas para a construção dos gráficos de controle  $\bar{X}$  e  $s$  são:

- 1º) Escolher a característica de qualidade a ser controlada;
- 2º) Definir o tamanho da amostra e o método de amostragem;
- 3º) Coletar os dados;
- 4º) Calcular o desvio padrão de cada subgrupo, usando a fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}, \quad (2.14)$$

onde:

$n$  = tamanho do subgrupo.

- 5º) Calcular o valor central através das fórmulas,

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^g s_i}{g} \quad \text{e} \quad (2.15)$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g}, \quad (2.16)$$

onde:

$g$  = tamanho da amostra.

- 6º) Calcular os limites de controle usando as fórmulas,

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s} \quad (2.17)$$

$$LC = \bar{\bar{X}} \quad (2.18)$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{s} \quad (2.19)$$

$$LSC_s = B_4 \bar{s} \quad (2.20)$$

$$LC = \bar{s} \quad (2.21)$$

$$LIC_s = B_3 \bar{s}, \quad (2.22)$$

onde:

$s_i$  = desvio padrão do  $i$ -ésimo subgrupo;

$\bar{s}$  = média dos desvios padrões dos subgrupos;

$A_3, B_3, B_4$  = fatores retirados da Tabela do Anexo A, para cálculo dos limites de controle.

7º) Construir limites de controle e grafar os valores dos subgrupos.

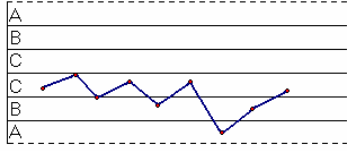
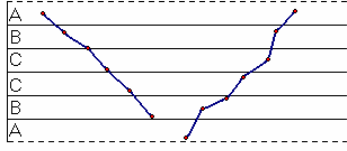
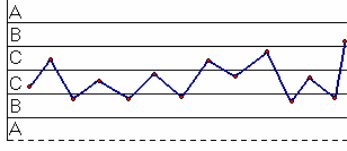
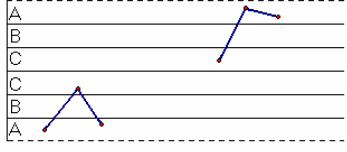
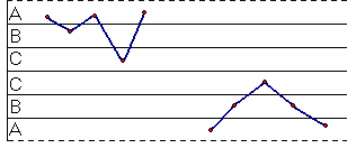
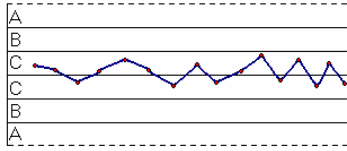
### **Interpretação dos gráficos da média $\bar{X}$**

A análise dos gráficos de controle possibilita a identificação se o processo está ou não sob controle, o que significa a ausência de causas especiais de variação. Quando um processo está controlado ocorre um padrão normal de variação, pois os pontos distribuem-se aleatoriamente em torno da média, indicando a ausência de tendências crescentes ou decrescentes, ciclos, estratificações ou misturas e pontos que ultrapassaram os limites de controle.

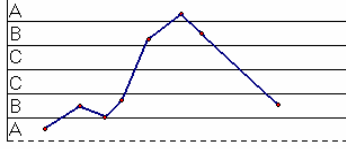
De acordo com Mitra (1998), há uma regra básica para verificar se o processo se encontra estável: basta dividir o intervalo entre os limites superior e inferior de controle em seis faixas, ou seja, cerca de 34% dos pontos devem estar em cada faixa C, 13,5% dos pontos em cada faixa B e 2,5% dos pontos em cada faixa A, conforme mostra a Figura 03, com algumas adaptações.



Continuação...

<p><u>2º Caso:</u></p> <p>Nove pontos sucessivos de um mesmo lado do valor central, ou seja, todos acima ou abaixo da linha média.</p>	
<p><u>3º Caso:</u></p> <p>Seis pontos sucessivos aumentando ou diminuindo constantemente.</p>	
<p><u>4º Caso:</u></p> <p>Quatorze pontos sucessivos alternando-se para cima e para baixo.</p>	
<p><u>5º Caso:</u></p> <p>Dois em três pontos sucessivos na mesma zona A ou além dela.</p>	
<p><u>6º Caso:</u></p> <p>Quatro em cinco pontos sucessivos, situados na zona A ou B ou além dela, de um mesmo lado do gráfico.</p>	
<p><u>7º Caso:</u></p> <p>Quinze pontos sucessivos situados na zona C, acima ou abaixo da linha central.</p>	

Continuação...

<p><b>8º Caso:</b> Oito pontos sucessivos de ambos os lados da linha central fora da zona C.</p>	
--	--

Fonte: Siqueira (1997) e Montgomery (1996)

### 2.3.3 Gráfico X individual

O gráfico de controle para medidas individuais pode ser interpretado como um gráfico de controle  $\bar{X}$  comum.

De acordo com Mitra (1998), o gráfico de controle para medidas individuais é bastante insensível a pequenas mudanças na média do processo e deve ser aplicado em situações nas quais o tamanho usado para controle de processo é  $n=1$ , ou melhor, nos casos em que a inspeção automática e a tecnologia de medida são usadas, sendo cada unidade fabricada analisada, ou quando a taxa de produção é muito lenta, não sendo conveniente acumular amostras de tamanho maior que um antes de serem analisadas. Em situações como essas, é que o gráfico de controle para medidas individuais torna-se útil.

Na construção do gráfico de controle para medidas individuais  $X$ , de acordo com Rotandaro (2002, p. 309), são efetuados os cálculos:

1º) Cálculo das estatísticas básicas

$$\bar{X} = \sum \frac{X}{K} \quad \text{e} \quad (2.23)$$

$$\bar{R}m = \sum \frac{\bar{R}m}{K-1}. \quad (2.24)$$

2º) Cálculo dos limites de controle do  $\bar{X}$

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + E_2 \cdot \bar{R}m \quad (2.25)$$

$$LC = \bar{X} \quad (2.26)$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - E_2 \cdot \bar{R}m, \quad (2.27)$$

com:

$$E_2 = \frac{3}{d_2}.$$

3º) Cálculo dos limites de controle do  $\bar{R}m$

$$LSC_{Rm} = D_4 \cdot \bar{R}m \quad (2.28)$$

$$LM_{Rm} = \bar{R}m \quad (2.29)$$

$$LIC_{Rm} = D_3 \cdot \bar{R}m, \quad (2.30)$$

onde:

$\bar{R}m$  = amplitude móvel;

$E_2$  = fator para cálculo dos limites de controle (Anexo B);

$D_3$ ,  $D_4$  = constantes tabeladas no (Anexo B);

$d_2$  = fator de correção, (Anexo A).

4º) Visualização do gráfico.

Vale ressaltar que a interpretação deste gráfico não se dá apenas pela análise dos pontos fora dos limites de controle, mas também pela análise de seqüência de pontos, conforme apresentado no Quadro 02.

## 2.4 Gráficos de controle por atributo

Usam-se os gráficos de controle por atributos quando itens de amostras são classificados de acordo com o fato de estarem ou não em conformidade com os requisitos definidos operacionalmente.

Montgomery & Runger (2003, p.363) salientam, quando se referem aos gráficos de controle por atributos, que:

“muitas características da qualidade não são medidas em uma escala contínua ou mesmo em uma escala quantitativa, nestes casos podemos julgar a unidade do produto como conforme ou não, com base no fato de possuir ou não certos atributos, ou então podemos contar o número de não conformidades aparecendo em uma unidade do produto.”

Sendo assim, o gráfico de controle por atributo pode ser denominado gráfico de controle por variável aleatória discreta com função de densidade de probabilidade de Poisson, na construção do gráfico  $c$ , e função de densidade de probabilidade binomial na construção do gráfico  $p$ .

Descrevem-se, no próximo item, os gráficos de controle por atributos “ $p$ ”, “ $np$ ”, “ $u$ ” e “ $c$ ”.

### 2.4.1 Gráfico $p$

O gráfico de controle  $p$  é muito versátil, podendo ser usado para controlar uma característica de qualidade, um grupo de características de qualidade de mesmo tipo ou o produto todo.

Esse gráfico possui uma grande faixa de utilização e as vantagens de poder ser usado para uma grande diversidade de problemas, disponibilizar a informação normalmente sem custo adicional da coleta, e de forma a ser



rapidamente correlacionada com os custos, proporcionar maior facilidade de entendimento por parte de pessoas não familiarizadas com outros gráficos, além de ser mais facilmente implantado que os demais (PARANTHAMAN, 1990).

A fração defeituosa consiste na razão entre o número de peças defeituosas em uma amostra e o número total de peças dessa mesma amostra. A fórmula da fração defeituosa, de acordo com Siqueira (1997), é:

$$p = \frac{np}{n}, \quad (2.31)$$

onde:

p = fração defeituosa;

n = número de peças na amostra ou subgrupo;

np = número de peças defeituosas na amostra ou subgrupo.

Dentre os objetivos do gráfico p, encontra-se: determinar o nível de qualidade de um produto, ficar alerta para qualquer mudança no nível de qualidade, avaliar o desempenho relativo à qualidade do pessoal envolvido como operador e gerentes, indicar o uso de gráficos de controle por variável, além de definir critérios de aceitação de produtos, antes do embarque, para o cliente.

De acordo com Siqueira (1995), deve-se seguir os seguintes passos para a construção de um gráfico de controle p:

1º Definir o objetivo: determinar qual a finalidade do gráfico de controle, o que se quer controlar (objetos, produtos, operários, características de qualidade).

2º Determinar o tamanho do subgrupo: o tamanho do subgrupo é uma função da fração defeituosa. Para determinar o tamanho do subgrupo, é preciso ter uma primeira estimativa da fração defeituosa do processo e do

número médio de defeitos para cada subgrupo afim de que se possa construir o gráfico de forma adequada.

3° Coletar os dados: é necessário coletar dados suficientes, pelo menos 20 subgrupos, para construir o gráfico. Para cada subgrupo a fração defeituosa é calculada pela fórmula  $p = \frac{np}{n}$ .

4° Determinar o valor central e os limites de controle: as fórmulas para calcular os limites de controle são dadas por

$$LSC_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.32)$$

$$LC = \bar{p} \quad (2.33)$$

$$LIC_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}, \quad (2.34)$$

onde:

$\bar{p}$  = fração defeituosa média para todos os subgrupos;

n = número inspecionado em cada subgrupo.

A fração defeituosa média  $\bar{p}$  é o valor central do gráfico obtido pela fórmula

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}. \quad (2.35)$$

5° Utilização do gráfico p: enquanto os primeiros quatro passos constituem o planejamento, o quinto constitui-se na execução do gráfico.

Em um gráfico p, tal como ocorre com gráficos de controle por variáveis, 99,73% dos pontos subgrupos caem entre os limites de controle, mais ou menos  $3\sigma$ . O gráfico p indica tendências no nível de qualidade ao longo do período, o que facilita a avaliação dos resultados das mudanças de pessoal, métodos, equipamentos, materiais e técnicas de inspeção.

Quando a fração defeituosa do processo é conhecida, não é necessário calcular o valor central do gráfico p. Neste caso, o gráfico p pode ser imediatamente introduzido, calculando-se somente os limites de controle. Sendo o gráfico p baseado na distribuição binomial, a probabilidade de selecionar um produto defeituoso deve ser constante, caso contrário, o mesmo não deve ser usado.

#### 2.4.2 Gráfico np

O gráfico é chamado de np quando a amostra é acompanhada do número de artigos defeituosos em vez da fração de itens defeituosos. Quando as amostras que vão ser plotadas em um determinado gráfico são do mesmo tamanho, torna-se mais simples compreendê-lo se for marcado o número de não-conformidades encontradas em cada amostra em vez de calcular a percentagem.

Os passos e as fórmulas dos cálculos necessários para a construção deste gráfico são:

1º Coletar as amostras de dados.

2º Calcular o valor de  $p_i$ .

$$p_i = \frac{d_i}{n}, \quad (2.36)$$

onde:

$d_i$  = defeitos de cada subgrupo;

$n$  = tamanho da amostra fixo.

3º Calcular  $\overline{np}$ .

$$\bar{np} = \frac{\sum pi}{\sum n},$$

onde: (2.37)

$pi$  = número de defeitos;

$\bar{np}$  = total subgrupo.

4° Calcular o  $\bar{p}$

5° Calcular os limites de controle .

$$LSC = \bar{np} + 3 \sqrt{\bar{np}(1 - \bar{p})} \quad (2.38)$$

$$LC = \bar{np} \quad (2.39)$$

$$LIC = \bar{np} - 3 \sqrt{\bar{np}(1 - \bar{p})}. \quad (2.40)$$

6° Visualização do gráfico de controle np.

A linha central é dada por np. Quando o valor de p não é conhecido, então usa-se uma estimativa  $\hat{p}$ .

Um gráfico np é similar a um gráfico p em termos de uso e interpretação, podendo ser considerado, na verdade, uma versão simplificada do mesmo (ROTANDARO, 2002).

### 2.4.3 Gráfico c

Os gráficos de controle c controlam o número de defeitos produzidos. Este gráfico se baseia na distribuição de Poisson, por isso duas condições devem ser atendidas:

- A probabilidade de ocorrência de defeitos deve ser pequena, enquanto a oportunidade de ocorrência de defeitos deve ser grande;
- As ocorrências precisam ser independentes.

Os limites de controle deste gráfico são baseados em mais ou menos 3 desvios padrões, a partir do valor central. Assim, 99,73% dos valores dos subgrupos caem dentro destes limites.

Dentre os objetivos do gráfico de controle *c*, estão o de determinar o nível médio da qualidade, alertar gerentes para alguma possível mudança no nível da qualidade dos produtos, avaliar o desempenho do pessoal da operação e supervisão, indicar áreas nas quais seria interessante a aplicação de gráficos de controle para variáveis, dar informações para a aceitação de lotes.

Os passos para a construção do gráfico de controle *c* são os mesmos utilizados na construção do gráfico de controle *p*. Caso o número de defeitos  $c_0$  for desconhecido, é necessário coletar dados suficientes para estimá-los. Para isso, devemos seguir os procedimentos que seguem:

1° Coletar os dados;

2° Determinar o número médio de não-conformidades  $\bar{c}$ ; para tal use a seguinte fórmula:

$$\bar{c} = \frac{\Sigma c}{g} . \quad (2.41)$$

3° Determinar os limites Inferior e Superior de controle  $\bar{c}$ , usando as fórmulas:

$$LSC_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (2.42)$$

$$LC = \bar{c} \quad (2.43)$$

$$LIC_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} . \quad (2.44)$$

4° Plotar o número de não-conformidades em amostras individuais;

5° Assumir o valor zero se o limite Inferior de controle for negativo;

6° Traçar a linha central em  $\bar{c}$  e os limites de controle.

Gráficos de controle do tipo c têm sido usados com vantagens em situações diferentes. Segundo Paranthaman (1990, p.189), podem ser utilizados:

“em estudos rápidos para determinar a variação na qualidade de um item ou de uma característica, na amostragem periódica da produção onde se tolera um certo número de não conformidades por unidade; para a inspeção 100% onde o objetivo primário é reduzir custo de retrabalho ou refugo e para procedimentos de aceitação de amostragem baseados em não conformidades por unidade.”

#### 2.4.4 Gráfico u

Algumas vezes, torna-se necessário o uso de subgrupos maiores para melhorar a apresentação do gráfico. Assim, quando o valor central do gráfico c,  $c_0$  é muito pequeno ou próximo de 1, muitos valores individuais serão 1. Nestes casos, é melhor utilizar gráficos com subgrupos maiores para o gráfico de controle u, que é matematicamente equivalente ao gráfico de controle c.

O gráfico de controle u é desenvolvido da mesma forma que o gráfico c. Primeiro, faz-se a coleta dos dados, 20 subgrupos ou mais. Depois, calcula-se o valor central e os limites de controle e faz-se uma estimativa do valor de referência para o número de defeitos por unidade revisando os limites de controle.

As fórmulas usadas para gerar o gráfico estão abaixo relacionadas:

1º Coleta de dados

2º Cálculo do valor central

$$u = \frac{c}{n} \quad e \quad (2.45)$$

$$\bar{u} = \frac{\Sigma c}{\Sigma n}. \quad (2.46)$$

3º Cálculo dos limites de controle

$$LSC_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (2.47)$$

$$LC = \bar{u} \quad (2.48)$$

$$LIC_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}. \quad (2.49)$$

onde:

c = número de defeitos em um subgrupo;

n = número inspecionado em um subgrupo;

u = número de defeitos por unidade em um subgrupo;

$\bar{u}$  = número médio de defeitos por unidade em todos os subgrupos.

4º Visualização do gráfico.

O gráfico de controle u é diferente do c somente em dois aspectos. O primeiro é a escala, que é contínua para o gráfico u e discreta para o gráfico c. A segunda é o tamanho do subgrupo, que no gráfico c, é igual a 1.

Este gráfico apresenta também algumas limitações com relação ao tamanho do subgrupo, o qual deve ser mantido constante. Caso contrário, haverá uma variação tanto do valor central como dos limites de controle, tornando-o inviável. Outra limitação deste tipo de gráfico é o fato de ele não indicar a localização do defeito (SIQUEIRA, 1997).

## 2.5 Linguagem HTML

Na década de 80, nos Estados Unidos, o ciberespaço já tinha os seus navegantes. Quando Tim Berners-Lee projetou a linguagem *HyperText*

*Markup Language* (HTML), ele apenas pensou em facilitar para a maioria das pessoas os detalhes que envolvem a publicação de documentos na internet, criando esta linguagem para simplificar a elaboração de textos mesclados com figuras, sons, animações e ligações, entre diversos textos (NÚCLEO TÉCNICO E EDITORIAL MAKRON BOOKS, 1999).

Em resumo, pode-se afirmar que HTML é uma linguagem de marcação usada pela *WEB*, cuja função é definir formatos para as páginas e possibilitar a inserção de *links*<sup>7</sup> de hipertexto, permitindo a navegação por várias páginas.

Segundo Lévy (1999, p. 10), “o nome Internet vem de internetworking (ligação entre redes). A Internet é um conjunto de meios físicos, linhas digitais de alta capacidade, computadores, roteadores e programas usados para o transporte da informação”.

Seguindo este enfoque, a internet pode ser considerada como um espaço de comunicação que possibilita acesso a todos. Além da informação e dos serviços que as administrações públicas, as universidades ou as empresas oferecem na rede, também há lugar para usuários e entidades particulares. A maioria das páginas passou a fazer parte dela pela qualidade do conteúdo, uma referência obrigatória ao público que deseja atingir, porque é ele que vai definir qual a abordagem de design a ser tomada e qual as tecnologias a serem aplicadas.

Sendo assim, para criar páginas na internet, é imprescindível fazer um planejamento dos conteúdos e da estrutura que elas terão. Isto é fundamental porque as páginas terão que agradar e surpreender, para que sejam exploradas e visitadas, e para que os internautas<sup>8</sup> desejem retornar a

---

<sup>7</sup> Ligações entre uma página Web e outra.

<sup>8</sup> Usuários que navegam na rede.



elas. Por isso, é importante que sejam feitas pesquisas, visitados bons *sites* sobre o mesmo assunto, tendo em mente que o projeto vai ser usado para comunicar um tipo de serviço ou produto que, devido a isso deve estar de acordo com o que vai comunicar, com o tipo de público e imagem que se faz desse serviço ou produto, para atingir o seu público em potencial.

De acordo com Wettreich (1998, p. 2), atualmente não se justifica mais a presença da internet demarcada por um *website* estático, limitado às informações corporativas de pouco valor para o público *on-line*, segundo o autor, “hoje, o mercado exige *sites* dinâmicos, com informação personalizada e, principalmente, de valor para os seus colaboradores, clientes e parceiros”.

Neste contexto a edição eficiente de documentos HTML é possibilitada por editores HTML dedicados e ferramentas de autoria relacionadas. Estes dividem-se, essencialmente, nos que facilitam a geração de código HTML, permitindo a visualização dos documentos num navegador instalado na máquina, e nos programas de WYSIWIG<sup>9</sup>, nos quais a produção do código é escondida do usuário, que frequentemente não o pode editar dentro desse programa.

## 2.6 Ferramenta PHP

Atualmente há dúvidas com relação à melhor linguagem de programação, qual a mais rápida, a mais eficiente e a que possui melhores recursos disponíveis. Acredita-se que a melhor linguagem é aquela que atenda às necessidades do programador. O fundamental é que ele domine o

---

<sup>9</sup> Tipo de programa onde a produção do código é escondida do utilizador.

desenvolvimento de bons algoritmos assim, poderá desenvolver suas aplicações e, conseqüentemente, atingir seus objetivos (ROCHA, 2003).

A linguagem PHP, inicialmente “*Personal Home Page*”, foi criada durante o outono de 1994, por Rasmus Lerdorf, para monitorar os visitantes de seu currículo *on-line*. À medida que a linguagem se expandiu em escopo, um nome mais apropriado foi escolhido por votação da comunidade, passando a se chamar-se então de “PHP: Hypertext Preprocessor”, significando que os dados são manipulados antes de se tornarem HTML (ULLMAN, 2003).

Segundo *site* oficial [www.php.net](http://www.php.net), o PHP é uma linguagem de criação de scripts embutida no HTML, compatível com várias plataformas ao lado do servidor, indicando que tudo que o PHP faz ocorre no servidor.

A linguagem PHP é bastante versátil, pois roda em diversas plataformas como Linux, Windows NT, Unix, além de ser gratuita e possuir uma documentação ampla e abrangente na rede. Possui, ainda como características os fatos de ser de fácil aprendizagem, possuir bancos de dados e estar em contínuo desenvolvimento.

De acordo com Garcia (2003, p. 1), a linguagem PHP, é considerada:

“uma linguagem script para servidor, que permite a criação de *sites Web* dinâmicos e interativos embutindo códigos PHP em documentos HTML, o que proporciona uma maior interação com o usuário, possibilitando ao programador flexibilidade no projeto e implementação de páginas *Web*.”

Outra característica do PHP é a de que o programa pode rodar tanto como uma aplicação CGI quanto como um módulo integrado de um servidor *web*, sem levar em consideração seu modo de execução, que tem o

potencial de acessar virtualmente toda a parte do *host*<sup>10</sup>, ou seja, o sistema de arquivos, as interfaces de rede, dentre outros. Além disso pode interagir facilmente com vários bancos de dados diferentes, a partir de scripts, apenas relacionando-se com outros programas.

Considerando isso, Soares (2000, p. 5) coloca que:

“O PHP é uma linguagem de programação, e servidor de aplicações você pode programar em PHP como em qualquer outra linguagem, definindo variáveis criando funções, realizando *loops*<sup>11</sup>, enfrentando o que é necessário no mundo da programação. Mas o que difere o PHP das outras linguagens de programação é a sua capacidade de interagir com o mundo *WEB* transformando páginas estáticas em verdadeiras fontes de informação.”

Neste capítulo fez-se a revisão de literatura, abordando-se os temas controle estatístico do processo, gráficos de controle e as linguagens de programação HTML e PHP. A partir disso, será desenvolvido um *site* interativo e implementado um *software* para gerar gráficos de controle que será avaliado por meio de estudos de caso.

---

<sup>10</sup> Computador principal de um sistema de computadores terminais.

<sup>11</sup> laço

### 3 METODOLOGIA

A globalização da economia acirrou a concorrência entre as empresas que têm como objetivo ultrapassar as fronteiras e conquistar cada vez mais clientes em todo mundo. Diante desta competição imposta pelos diferentes mercados, não basta a empresa contar apenas com um bom produto para que a liderança nas vendas esteja garantida.

Atualmente, mais do que uma preocupação adicional, a procura incessante pela qualidade e a conquista de ferramentas que verifiquem esta postura são essenciais.

Sendo assim, neste capítulo, serão abordados, no item 3.1, os passos para a construção do *site* “**Tutorial Informativo e Interativo CEP**”; no item 3.2, falaremos sobre o funcionamento do aplicativo “*CEP on-line*”; e, para concluir, no item 3.3, será mostrado o resultado de uma pesquisa em empresas de vários segmentos sobre a certificação ISO 9001 e o uso da ferramenta estatística de qualidade CEP.

#### 3.1 Construção do tutorial informativo e interativo CEP

Para a construção do *site* “**Tutorial Informativo e Interativo CEP**”, optou-se pelo aplicativo *Homesite*<sup>12</sup>, que faz parte dos que facilitam a geração de código HTML e é usado na construção de *sites WEB*. Além de ser a melhor ferramenta de desenvolvimento da correia fotorreceptora

---

<sup>12</sup> Programa linguagem HTML para criação de páginas Web.

disponível, oferece maneiras múltiplas de inserção de *Tags*<sup>13</sup> do HTML, sendo extremamente flexível e de fácil utilização.

Na seqüência, após a seleção da ferramenta, realizou-se uma busca em *sites* relacionados ao CEP, como *os sites* mais visitados da *WEB*, para que fosse possível estruturar o *site* do tutorial de forma que atendesse às necessidades básicas e, ao mesmo tempo, permitisse ao usuário uma interação com o mesmo.

Nesta perspectiva, o *site* “**Tutorial Informativo e Interativo CEP**”, procura colocar as informações e conceitos necessários para que o usuário entenda o que vem a ser os gráficos de controle, além de outros tópicos relacionados com o mesmo, como o controle estatístico da qualidade, amostra de dados, além de artigos sobre qualidade e também o diferencial que é o acesso a um aplicativo interativo de gráficos de controle. Neste *site*, o usuário também terá a oportunidade de enviar a sua opinião e sugestões através do *link* CEP e-mail.

Neste sentido foram abordados no *site* conceitos básicos relacionados ao Controle Estatístico de Processos, bem como disponibilizados ao usuário *links* com artigos referentes à qualidade, além de possibilitar aos mesmos expor as suas opiniões e dúvidas através do *link* CEP e-mail.

Com relação à interação entre o usuário e o site, ofereceu-se ao mesmo uma opção que é o *link* faça um teste, em que ele pode testar os seus conhecimentos teóricos especificados no tutorial através do “*CEP on-line*”, o qual permite que ele interaja com o aplicativo gerando gráficos de controle, além de um questionário de perguntas freqüentes relacionadas ao tema em questão.

---

<sup>13</sup> São marcações da linguagem HTML.

Existem muitas opções de pré-processadores de hipertexto no mundo *WEB* atualmente. Os principais são: *Personal Home Pages ou Hypertext preprocessor* (PHP), *Active Server Pages* (ASP<sup>14</sup>), Cold Fusion e java<sup>15</sup>. Todos eles têm as suas vantagens e desvantagens. Alguns rodam em um ambiente só outros dependem da tecnologia proprietária, enquanto que outros ainda são pagos (SOARES, 2000).

Sendo assim, o aplicativo interativo “CEP *on-line*” foi desenvolvido utilizando a linguagem PHP e o servidor *WEB* Apache<sup>16</sup>, devido ao fato de a linguagem PHP ser bastante flexível em termos de programação, possuindo desde suporte a variáveis de sessão até bibliotecas para criação de gráficos, além de uma extensa documentação, listas de discussão e disponibilização de casos na internet. O servidor Apache, foi utilizado neste trabalho por ser um dos servidores *WEB* mais usados na internet e também pelo fato de o mesmo ser mencionado no pacote de instalação do PHP, no qual são recomendadas algumas configurações necessárias para que os dois funcionem perfeitamente.

Foi considerando isso que escolheu-se a linguagem PHP para implementar este trabalho, pois ela pode ser mesclada facilmente com o HTML, permitindo assim a união da funcionalidade do HTML com o poder do PHP.

Outra característica favorável ao uso destas linguagens de programação foi a disponibilidade de serem de código aberto, ou seja, qualquer pessoa pode obter o código fonte na internet e fazer as alterações que considerar necessárias para atender as suas necessidades específicas.

---

<sup>14</sup> Active Server Pages.

<sup>15</sup> Linguagem de programação orientada ao objeto.

<sup>16</sup> Programa para servidor.

Concluindo, no caso do “CEP *on-line*”, foi feito o *download*<sup>17</sup> da versão compilada destes dois *softwares*, não sendo preciso nenhuma configuração específica.

### 3.2 Ferramenta CEP on-line

No mundo atual, quase todas as pessoas têm algum contato com a internet, quer seja por envio de e-mails, uma pesquisa, para acessar informações em bancos e até mesmos assuntos relacionados á empresa na qual trabalha. A *WEB* atual, é muito diferente da *WEB* de alguns anos atrás, pois hoje ela disponibiliza *sites* dinâmicos e interativos, dando acesso ao usuário à pesquisa, compra de ações, carros, além de uma infinidade de outras coisas. Enfim, tudo o que o mundo real pode ter provavelmente encontrar-se-á na *WEB*.

Foi com este propósito que criou-se o “CEP *on-line*”, no qual o usuário aprenderá gráficos de controle interagindo com o aplicativo.

Neste contexto, para ativar a ferramenta “CEP *on-line*”, é necessário que o usuário selecione o *link* “Faça um teste” do “**Tutorial Informativo e Interativo CEP**”. Com este aplicativo, o usuário pode realizar simulações através de uma amostra, utilizando para isso os gráficos de controle que a ferramenta disponibiliza, tendo a possibilidade de se acaso surgir alguma dúvida referente aos gráficos ou à amostra, retornar ao *site* do tutorial para consultar.

---

<sup>17</sup> Processo de cópia de uma arquivo da web para seu computador.

Na tela inicial do aplicativo, o usuário pode selecionar através de um menu se deseja testar a eficácia do processo produtivo da sua produção, em gráficos de controle por atributos ou gráficos de controle por variáveis. Após selecionar uma dessas opções, o aplicativo irá mostrar as opções de gráficos disponíveis, onde o usuário deverá selecionar o que mais se adapta a seu caso.

Neste contexto, após ter sido feita a escolha, o usuário deverá digitar os dados, tais como o número de subgrupos e o número de observações em cada subgrupo e confirmar os dados digitados clicando na opção OK, ou, caso os dados estejam incorretos, clicar na opção limpar dados e preencher os campos novamente. Com relação ao tamanho do subgrupo, ele deve ser no mínimo de 20 e o número de observações em cada subgrupo deve variar de 1 a 20, sendo o valor de  $n$  em todos os casos constante, com exceção dos gráficos  $\bar{x}$  individual,  $u$ , dentre outros onde o usuário entra diretamente com o tamanho da amostra.

Após a confirmação dos dados, o usuário deverá digitar os dados da amostra. No momento de informar os dados da amostra para gerar o gráfico, o usuário deve ter alguns cuidados como: digitar os valores separando-os por (“;”) ponto e vírgula, e o tamanho da amostra deve ser compatível com os dados informados na tela anterior. Por exemplo, se o tamanho do subgrupo for 20 e o número de observações em cada subgrupo for 5, nós teremos que ter uma amostra de 100 dados, ou seja, se  $n = 20 \times 5$  então  $n = 100$ . Caso ocorra de os dados da amostra estarem incorretos, o aplicativo dará uma mensagem de erro “número de dados da amostra diferente do número de dados requerido”. Se estiver tudo OK, o usuário deve confirmar clicando na opção OK.



Na seqüência, é gerado o gráfico de controle escolhido pelo o usuário, baseado nas informações fornecidas por ele ao aplicativo. O gráfico gerado mostra os valores encontrados para os limites de controle central, superior e inferior além da média. Quando o limite inferior de controle é menor ou igual a zero, ele não aparece no gráfico. Por meio do gráfico, o usuário pode verificar se a sua produção está estável ou não. Caso não esteja, o aplicativo mostra os pontos que estão fora de controle, circulando-os em vermelho.

Neste caso, o ideal seria retirar estes pontos e revisar o gráfico. No entanto este aplicativo se limita a identificá-los, pois o nosso objetivo é informar e mostrar ao usuário leigo o que são e como funcionam os gráficos de controle, usando exemplos concretos, já que no chão de fábrica terá que usar programas e máquinas específicas, com empresas e profissionais especializados, além de oferecer treinamento qualificado aos seus funcionários para obter resultados precisos e seguros e melhorar o seu processo produtivo.

### **3.3 A certificação ISO 9001 e a ferramenta de qualidade CEP**

O presente estudo tem como objetivo investigar o conhecimento e a aplicabilidade da ferramenta estatística CEP nos sistemas produtivos de empresas de vários segmentos, localizadas na região central do Rio Grande do Sul, tendo como base Santa Maria e Santa Cruz do Sul.

Para a pesquisa, foram escolhidas 50 empresas de vários segmentos, tais como indústrias de fumo, metalúrgicas, hotéis, indústrias de malhas,

fábrica de garrafas pet, fábricas de arroz, indústrias de concreto, pisos e argamassas, empresas de construção civil e indústrias de móveis.

No estudo, as entrevistas foram realizadas via telefone com responsáveis pelo setor de qualidade da empresa, tendo como focos principais a certificação ISO 9001 e o uso do CEP.

Das 50 empresas selecionadas, apenas 15 mostraram-se interessadas em participar deste estudo, nas quais os responsáveis pelo setor de qualidade e executivos da empresa foram questionados. Logo, trata-se de uma amostra intencional, pois as empresas selecionadas foram as que possivelmente poderiam utilizar a ferramenta estatística de qualidade CEP e ter a certificação ISO 9001.

A seguir, mostra-se o resultado do questionário aplicado às empresas, dando ênfase à ferramenta estatística de qualidade CEP. As Tabelas 01 e 02 foram construídas com base nos resultados obtidos na entrevista às empresas.

TABELA 01 - Empresas que possuem certificação ISO 9001

<b>Alternativas</b>	<b>Número de Empresas</b>	<b>Percentual (%)</b>
Sim	7	46,67
Não	8	53,33
Total	15	100

A primeira pergunta diz respeito à certificação ISO 9001, questionando se as empresas são certificadas ou não. Conforme o observado, 53,33% das empresas entrevistadas responderam que não possuem certificação e 46,67%, que possuem certificação ISO 9001.

Isso retrata que, na maior parte das empresas, ainda predomina a falta de informação quanto ao objetivo e às vantagens da implantação de sistemas de qualidade. O motivo seria porque a grande maioria imagina tratar-se de algo complexo demais e aplicável apenas em grandes empresas, que possuem pessoal técnico especializado. Isto é um engano, pois é possível implantar programas de qualidade em pequenas e médias empresas e, assim, organizá-la, melhorando a qualidade de seus produtos e serviços e reduzindo seus custos.

TABELA 02 – Empresas que utilizam a ferramenta de qualidade CEP no processo produtivo

<b>Alternativas</b>	<b>Número de Empresas</b>	<b>Percentual (%)</b>
Sim	4	26,67
Não	11	73,33
Total	15	100

A resposta para a segunda questão foi a de que apenas 26,67% das empresas possuem a ferramenta estatística de qualidade CEP no processo produtivo de sua empresa, enquanto que 73,33% não possuem.

De acordo com os dados, observa-se que grande parte das empresas não utiliza uma ferramenta de controle de qualidade (CEP), o que significa que as empresas não controlam a qualidade de seus produtos e serviços. Por isso, considera-se necessário a divulgação de ferramentas estatísticas de qualidade, como os gráficos de controle, os quais dispõem as informações de modo a permitir a visualização imediata da ocorrência de alguma anomalia, que pode, então, ser prontamente analisada e relatada.

Das empresas entrevistadas, a maioria delas não usa nenhuma ferramenta estatística de qualidade, tal como 5s, diagrama de pareto,

gráfico de dispersão, dentre outras. Observou-se, no entanto, que as empresas detentoras da ferramenta de qualidade CEP são as mesmas que possuem a certificação ISO 9001, é o caso das multinacionais como as indústrias de fumo. Isso demonstra que as empresas não estão bem informadas a respeito dos sistemas de qualidade, o que é preocupante, pois uma empresa, para ser eficiente, obter mais lucros e menos custos, precisa sistematizar as formas de conduzir as suas atividades, sendo a implantação de sistemas de qualidade, uma opção para que isso se concretize.

## 4 APLICAÇÃO E ESTUDO DE CASOS

Atualmente, a qualidade de produtos e serviços tem se tornado um fator de decisão fundamental nos negócios. A qualidade significa para o consumidor a adequação ao uso. Segundo Montgomery & Runger (2003), existe uma confusão em nossa sociedade em relação ao que vem a ser melhoria de qualidade, a qual, na verdade, é simplesmente a eliminação de resíduos, como a perda e o retrabalho na fabricação, erros em documentos, inspeção e testes, serviços de atendimento aos consumidores, dentre outros.

Nesta perspectiva, o Controle Estatístico do Processo (CEP) possui várias ferramentas que podem ser usadas para encontrar a estabilidade e também para melhorar a capacidade de um processo através da redução da variabilidade, e uma delas são os gráficos de controle.

Sendo assim, neste capítulo, abordar-se-á diferentes estudos de casos como os das variáveis umidade, temperatura do forno e temperatura do atomizador, bem como a fabricação de recipientes, placas de circuito impresso, além de fazer uma análise do grau de insatisfação dos clientes em uma loja de departamentos. Para verificar a estabilidade e a variabilidade destes processos, iremos usar o aplicativo “CEP *on-line*”.

### 4.1 Estudo de caso atomizar barbotina

Para a realização deste estudo de caso, foi usada a folha de controle de produção do atomizar barbotina de uma indústria de revestimentos cerâmicos. A barbotina é o produto resultante da moagem das matérias-primas com água e silicato. A finalidade do atomizador é de secar a

barbotina, que é uma mistura líquida de argila, água e outros componentes químicos, que darão origem à massa. A massa, por sua vez, é armazenada em tanques com conteúdo de água pré-estabelecido, de acordo com o padrão estabelecido por cada empresa.

O processo de atomização da massa inicia-se com o bombeamento da barbotina do tanque de descarga para o tanque de serviço. O monitoramento do processo de produção do pó atomizado (massa resultante do processo de evaporação) é feito através do controle da umidade e da granulometria do mesmo. As variáveis que devem manter-se estáveis e que foram analisadas neste processo são a umidade do atomizador (Umidade), a temperatura da fornalha que alimenta a câmara de secagem em graus *Celsius*, representada pela variável (T. Forno), e a temperatura do atomizador em graus *Celsius*, representada pela variável (T. Atom.). A coleta dessas informações foi efetivada durante 24 horas do dia, resultando em um total de 120 observações de cada variável.

Afim de avaliar a etapa de atomização do processo e verificar a estabilidade e a variabilidade do mesmo, primeiramente definiu-se o tamanho dos subgrupos de cada variável citada acima e, na seqüência, aplicam-se os gráficos de controle para variáveis (X individual,  $\bar{X}$  - R e s), usando como recurso o aplicativo interativo para gráficos de controle “CEP *on-line*”.

Para a utilização deste aplicativo, é necessário que o usuário acesse o *site* do “**Tutorial Informativo e Interativo CEP**”, sendo disponibilizado o aplicativo através do *link* “Faça um Teste”, como mostra a Figura 04.



FIGURA 04 – Tela inicial do *site* tutorial informativo sobre CEP

Para verificar a estabilidade e a variabilidade da umidade da barbotina, usou-se o gráfico de controle X individual, devido à amostra desta variável ser unitária, ou seja,  $n = 1$ . Para isso, foram seguidos alguns passos:

a) Seleciona-se o tipo de gráfico de controle por variável ou atributo conforme os dados da variável a ser analisada, como mostra a Figura 05.

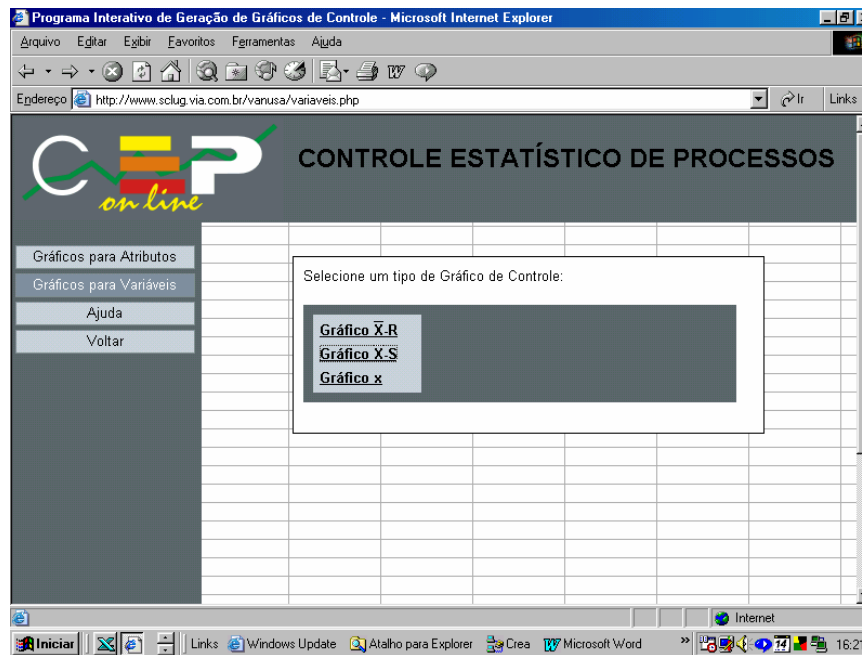


FIGURA 05 - Seleção do gráfico para variáveis X individual

b) Verifica-se, na Tabela 03 o número total de amostras.

TABELA 03 – Dados da variável umidade da barbotina

Número de Subgrupos	Umidade %	Amplitude Móvel Rm	Número de Subgrupos	Umidade %	Amplitude Móvel Rm
1	6,1	-	61	6,1	0,4
2	6	0,1	62	6,4	0,3
3	6	0	63	6,2	0,2
4	6,5	0,5	64	6,3	0,1
5	6,3	0,2	65	6	0,3
6	6,4	0,1	66	6,2	0,2
7	5,8	0,6	67	6,4	0,2
8	6,1	0,3	68	6,2	0,2
9	6	0,1	69	6,3	0,1
10	6,3	0,3	70	6,4	0,1
11	5,9	0,4	71	6	0,4
12	6,2	0,3	72	6,3	0,3
13	6,4	0,2	73	6,4	0,1
14	6,5	0,1	74	6,3	0,1
15	6	0,5	75	6,5	0,2



Continuação ...

16	6,6	0,6	76	6	0,5
17	6,2	0,4	77	6,6	0,6
18	6,4	0,2	78	6,1	0,5
19	6,3	0,1	79	6	0,1
20	5,9	0,4	80	6,4	0,4
21	6,3	0,4	81	6,5	0,1
22	6,4	0,1	82	6,3	0,2
23	6,5	0,1	83	6	0,3
24	6,1	0,4	84	6,5	0,5
25	6,3	0,2	85	6,1	0,4
26	6,2	0,1	86	6,4	0,3
27	5,8	0,4	87	6,2	0,2
28	6	0,2	88	6,1	0,1
29	6,5	0,5	89	6,5	0,4
30	6,3	0,2	90	6,2	0,3
31	6,6	0,3	91	6,4	0,2
32	6,4	0,2	92	6,2	0,2
33	6,1	0,3	93	6,3	0,1
34	6,3	0,2	94	6,4	0,1
35	6,5	0,2	95	6,5	0,1
36	6,2	0,3	96	6,2	0,3
37	6,4	0,2	97	6,5	0,3
38	6,1	0,3	98	6,4	0,1
39	6,3	0,2	99	6,2	0,2
40	6	0,3	100	6,4	0,2
41	6,2	0,2	101	6,3	0,1
42	6,5	0,3	102	6	0,3
43	6,3	0,2	103	6,2	0,2
44	6,4	0,1	104	6,4	0,2
45	6,2	0,2	105	5,8	0,6
46	6,5	0,3	106	6,5	0,7
47	6,3	0,2	107	6,1	0,4
48	6,4	0,1	108	6,3	0,2
49	6,1	0,3	109	6,4	0,1
50	6	0,1	110	6,3	0,1
51	6,4	0,4	111	6,5	0,2
52	6,6	0,2	112	6,7	0,2
53	6	0,6	113	6,4	0,3
54	6,4	0,4	114	6,3	0,1
55	6,4	0	115	6,5	0,2
56	6,5	0,1	116	6,1	0,4
57	6,2	0,3	117	6,5	0,4
58	6,6	0,4	118	6,1	0,4
59	6,4	0,2	119	5,9	0,2
60	6,5	0,1	120	6,5	0,6
<b>TOTAL</b>				<b>376,1</b>	<b>15,2</b>

c) Digita-se o número de amostras da variável, conforme a Figura 06.

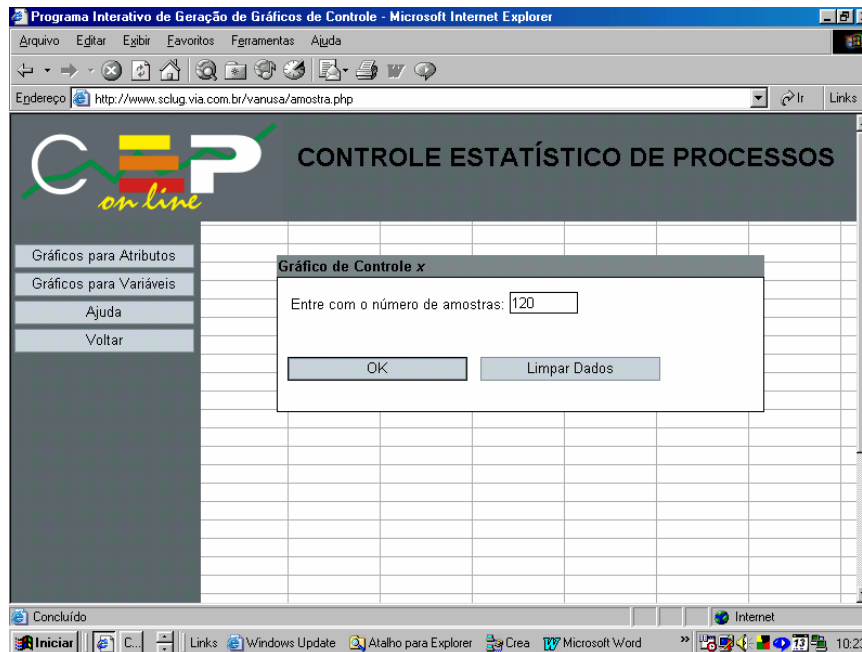


FIGURA 06 - Entrada do número de amostras da variável umidade da barbotina

d) Digita-se os dados da amostra, separando-os por ponto e vírgula, conforme descrito no item 3.2 e como mostra a Figura 07.

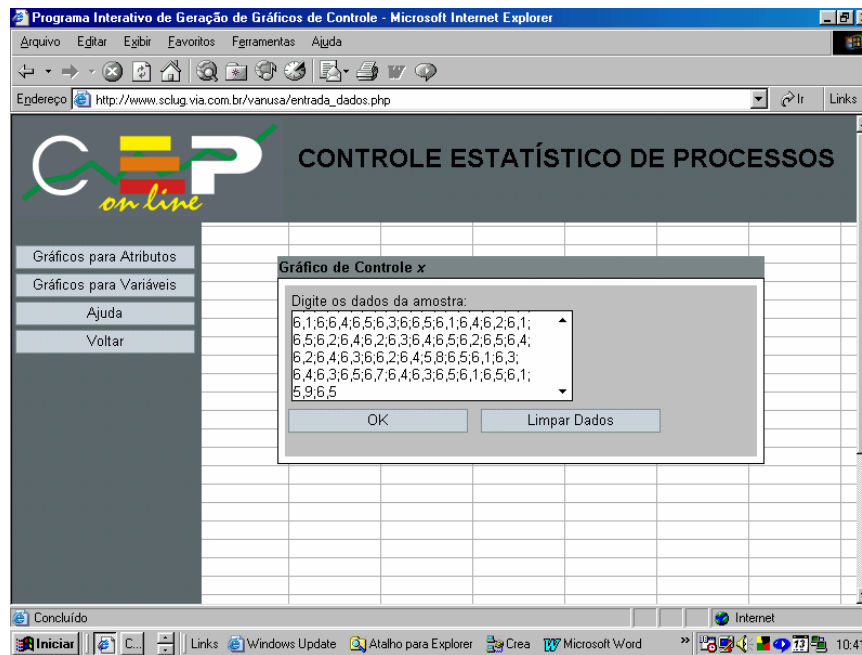


FIGURA 07 - Entrada de dados da amostra da variável umidade da barbotina

e) Após, o aplicativo efetua os cálculos, para então gerar o gráfico de controle.

$$\bar{X} = \sum \frac{X}{K} = \frac{753,3}{120} = 6,28$$

$$\bar{R}m = \sum \frac{\bar{R}m}{K-1} = \frac{31}{120-1} = 0,26$$

Os valores  $D_4 = 3,267$  e  $D_3 = 0$  foram retirados da tabela do (Anexo B).

$$LSC_{Rm} = D_4 \cdot \bar{R}m = 3,267 \cdot 0,26 = 0,85$$

$$LM_{Rm} = \bar{R}m = 0,26$$

$$LIC_{\bar{R}m} = D_3 \cdot \bar{R}m = 0 \cdot 0,26 = 0$$

$$E_2 = \frac{3}{d_2} = 2,660$$

O valor de  $E_2 = 2,660$  foi retirado da tabela do (Anexo B).

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{X} + E_2 \cdot \bar{R}m = 6,28 + 2,660 \cdot 0,26 = 6,97$$

$$LC = \bar{X} = 6,27$$

$$LIC_{\bar{x}} = \bar{X} - E_2 \cdot \bar{R}m = 6,28 - 2,660 \cdot 0,26 = 5,58$$

f) Depois de termos os valores da média, da amplitude móvel e dos limites de controle, o aplicativo gera o gráfico de controle selecionado no item (a), conforme a Figura 08.

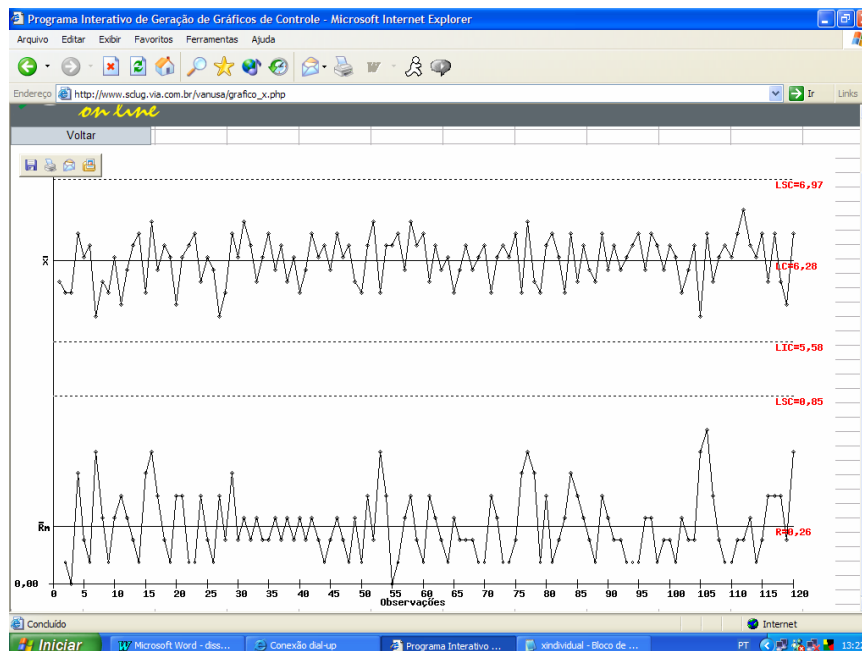


FIGURA 08 - Gráfico de controle X para medidas individuais da variável umidade da barbotina

De acordo com o gráfico da Figura 08, gerado pelo aplicativo “CEP *on-line*”, constatou-se que o processo é estável. Verificou-se que não há causas especiais de variação atuando na dispersão do processo, já que não há ocorrência de pontos fora dos limites de controle, e estes distribuem-se aleatoriamente em torno da média.

Para analisar o comportamento da temperatura do forno do atomizador, usou-se o gráfico de controle  $\bar{X}$ -R. Foram coletadas 120 amostras, sendo que destas resultaram 30 subgrupos com 4 observações. Seguem os passos para gerar o gráfico de controle.

a) Seleciona-se o tipo de gráfico de controle por variável ou atributo conforme os dados da variável a ser analisada, como mostra a Figura 09.

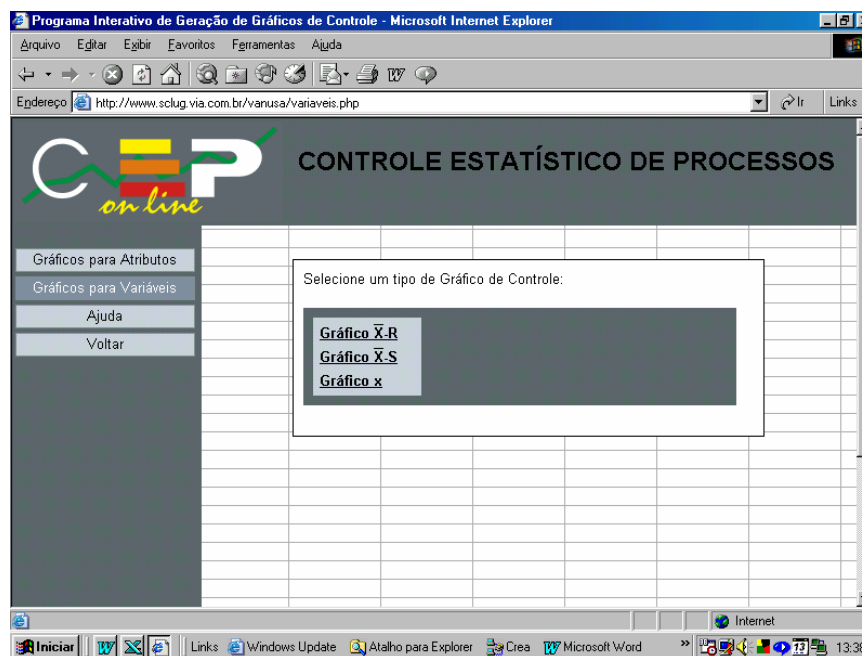


FIGURA 09 - Seleção do gráfico de controle para variáveis  $\bar{X}$  - R

b) Verifica-se, na Tabela 04, os dados da variável, como o número de subgrupos e o número de observações em cada subgrupo.

TABELA 04 – Dados da temperatura do forno do atomizador

Número do Subgrupo	Observações				Média	Amplitude
	x1	X2	x3	x4	$\bar{X}$	R
1	951	923	934	936	936	28
2	954	949	936	947	947	18
3	951	937	943	936	942	15
4	921	933	951	936	935	30
5	946	939	956	928	942	28
6	925	932	944	936	934	19
7	922	937	952	943	939	30
8	947	932	932	923	934	24
9	941	930	926	938	934	15
10	921	918	945	926	928	27
11	913	923	942	944	931	31
12	951	942	954	935	946	19
13	921	929	939	945	934	24
14	944	921	950	921	934	29
15	925	923	920	951	930	31
16	940	938	960	918	939	42
16	940	938	929	947	939	18
18	936	942	927	931	934	15
19	944	936	953	932	941	21
20	942	958	948	950	950	16
21	954	940	933	912	935	42
22	910	938	945	936	932	35
23	941	952	947	922	941	30
24	948	953	948	950	950	5
25	956	939	952	946	948	17
26	945	951	946	926	942	25
27	930	918	921	926	924	12
28	946	915	926	946	933	31
29	947	925	936	947	939	22
30	934	925	937	950	937	25
<b>TOTAL</b>					<b>28125</b>	<b>724</b>

c) Digita-se o número de subgrupos e o número de observações em cada subgrupo, conforme Figura 10.

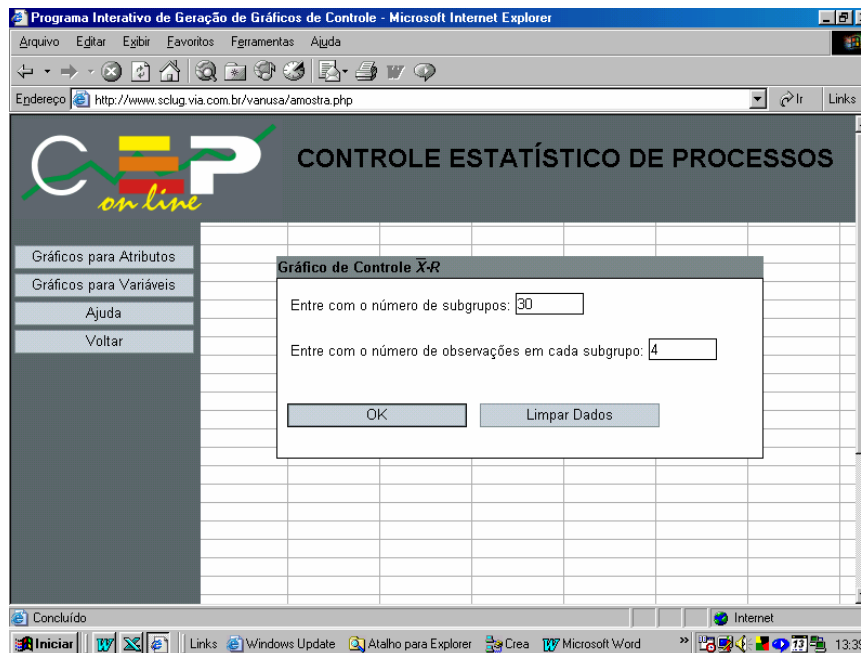


FIGURA 10 - Entrada do número de subgrupos e do número de observações em cada subgrupo

d) Digita-se os dados da amostra, separando-os por ponto e vírgula, conforme mostra a Figura 11.

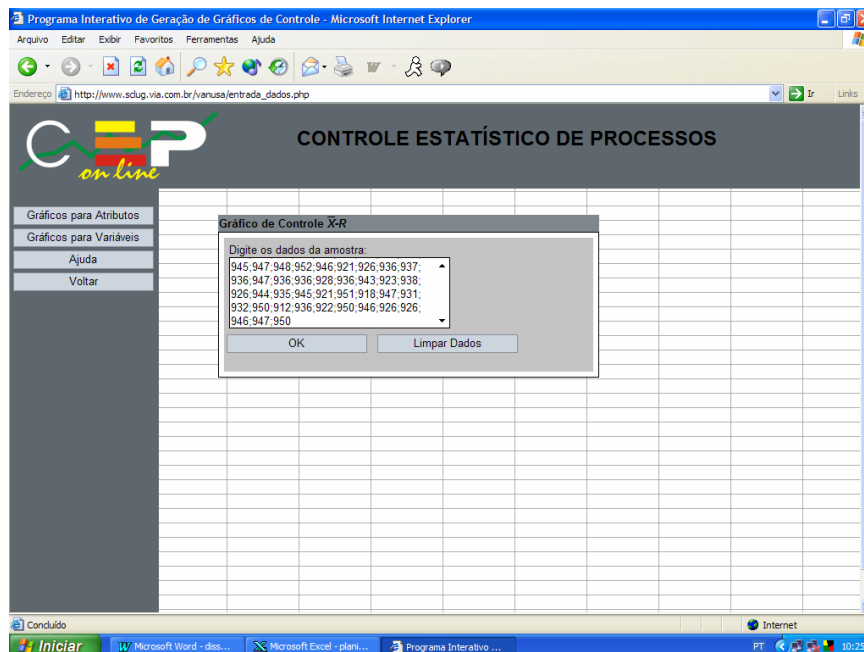


FIGURA 11 - Entrada de dados da amostra da variável temperatura do forno

e) Depois de inseridos os dados da amostra, o aplicativo efetua os cálculos.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g} = \frac{28125}{30} = 937,48$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{R}_i}{g} = \frac{724}{30} = 24,13$$

Para calcular os limites de controle do gráfico  $\bar{X}$  e R, usaram-se as fórmulas que seguem. Os fatores  $A_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$  variam de acordo com o tamanho do subgrupo e podem ser encontrados na tabela do Anexo A. Sendo assim, para subgrupo de tamanho 4 temos:  $A_2 = 0,729$ ,  $D_3 = 0$  e  $D_4 = 2,282$ .

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 937,48 + (0,729) (24,13) = 955,08$$



$$LC = \bar{\bar{X}} = 937,48$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 937,48 - (0,729)(24,13) = 919,89$$

$$LSC_R = D_4 \bar{R} = (2,282)(24,13) = 55,07$$

$$LC = \bar{R} = 24,13$$

$$LIC_R = D_3 \bar{R} = 0(24,13) = 0$$

f) Após ter efetuado os cálculos, é gerado o gráfico de controle, como mostra a Figura 12.

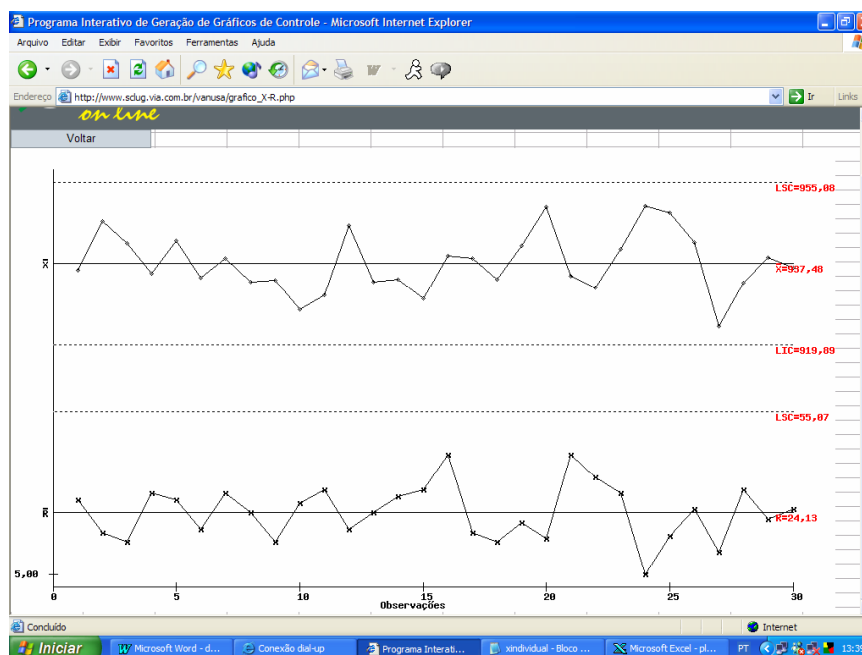


FIGURA 12 - Gráfico de controle  $\bar{X}$  - R da variável temperatura do forno

Quando as causas especiais de variação não estão presentes ou são eliminadas de um processo e os pontos plotados no gráfico estão dentro dos limites de controle, considera-se o processo estável.

Analisando o gráfico da Figura 12, constatou-se que nenhum ponto se situa além dos limites de controle, o que significa que ocorre um padrão normal de variação, ou seja, os gráficos  $\bar{X}$  e R estão sob controle.

Para analisar o comportamento do gráfico de controle  $\bar{X} - s$ , foi utilizada uma amostra de dados de 30 subgrupos, sendo que cada subgrupo possui 4 observações. A variável analisada neste caso é a temperatura do atomizador, representada pela variável (T. Atom.). Optou-se por utilizar o gráfico de controle  $\bar{X} - s$ , pois, à medida que o número de observações aumenta, a amplitude vai se tornando mais ineficiente para estimar a variabilidade.

a) Para gerar este gráfico seleciona-se o tipo de gráfico de controle por variável ou atributo conforme os dados da variável a ser analisada, como mostra a Figura 13.

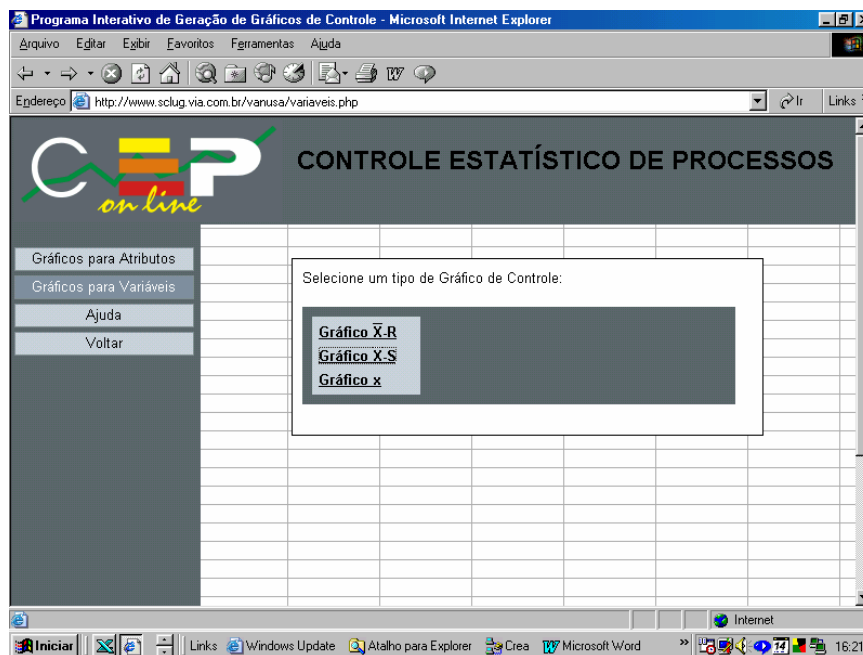


FIGURA 13 - Seleção do gráfico de controle para variáveis  $\bar{X} - s$

b) Após, verifica-se na tabela, os dados da variável, como o número de subgrupos e o número de observações em cada subgrupo, no caso a Tabela 05.

TABELA 05 - Dados da temperatura do atomizador

Número do Subgrupo	Observações				Média	Desvio Padrão
	x1	x2	x3	x4	$\bar{X}$	s
1	563	540	542	530	544	13,865
2	543	540	546	550	545	4,272
3	549	550	545	540	546	4,546
4	546	580	593	572	573	19,822
5	590	588	594	597	592	4,031
6	582	584	540	572	570	20,355
7	568	572	580	570	573	5,260
8	559	561	653	640	603	50,229
9	653	565	560	573	588	43,828
10	546	531	558	551	547	11,446
11	557	552	558	560	557	3,403
12	564	566	572	577	570	5,909
13	571	567	540	531	552	19,755
14	548	546	554	551	550	3,500
15	560	563	570	576	567	7,182
16	590	578	586	590	586	5,657
16	596	579	572	575	581	10,724
18	574	569	580	576	575	4,573
19	580	580	593	568	580	10,210
20	562	537	566	567	558	14,166
21	567	560	571	570	567	4,967
22	560	558	562	588	567	14,095
23	580	592	586	598	589	7,746
24	598	592	585	591	592	5,323
25	578	586	598	597	590	9,535
26	594	584	591	583	588	5,354
27	601	590	610	606	602	8,655
28	614	594	590	600	600	10,504
29	610	597	594	609	603	8,185
30	602	604	608	580	599	12,583
<b>TOTAL</b>					<b>17249</b>	<b>349,681</b>

c) Após a coleta das amostras procede-se a entrada de dados, como o número de subgrupos e o número de observações em cada subgrupo, de acordo com a Figura 14.

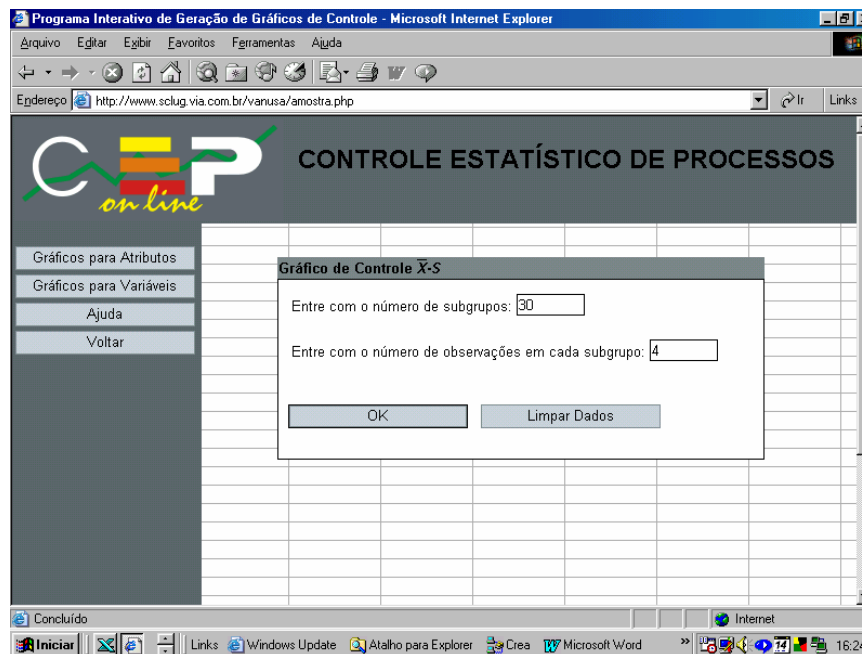


FIGURA 14 - Entrada do número de subgrupos e do número de observações em cada subgrupo

d) Digita-se os dados da amostra, conforme a Figura 15.

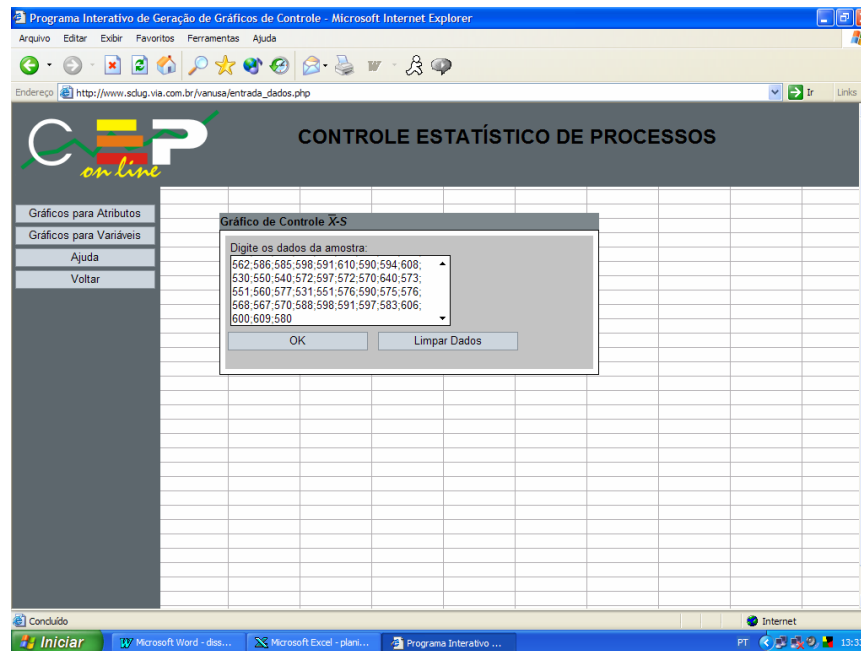


FIGURA 15 - Entrada de dados da amostra da variável temperatura do atomizador

e) Na seqüência, são efetuados os cálculos, para então gerar o gráfico de controle.

Primeiro é feito o cálculo do desvio padrão de cada subgrupo usando a fórmula :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (4.1)$$

Na seqüência, são calculadas as médias e os limites de controle, para depois gerar o gráfico de controle da variável, como mostra a Figura que segue.

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^g S_i}{g} = \frac{349,681}{30} = 11,66$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g} = \frac{17249}{30} = 574,96$$

Os valores  $A_3$ ,  $B_3$  e  $B_4$  usados para calcular os limites de controle encontram-se na tabela do Anexo A. De acordo com a tabela, os valores são  $A_3 = 1,628$ ,  $B_3 = 0$  e  $B_4 = 2,266$ .

$$LSC\bar{x} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s} = 574,96 + (1,628)(11,66) = 593,94$$

$$LC = \bar{\bar{X}} = 574,96$$

$$LIC\bar{x} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s} = 574,96 - (1,628)(11,66) = 555,97$$

$$LSCs = B_4\bar{s} = (2,266)(11,66) = 26,42$$

$$LC = \bar{s} = 11,66$$

$$LICs = B_3\bar{s} = (0)(11,66) = 0$$

f) Após os cálculos é gerado o gráfico de controle selecionado no item (a), como mostra a Figura 16.

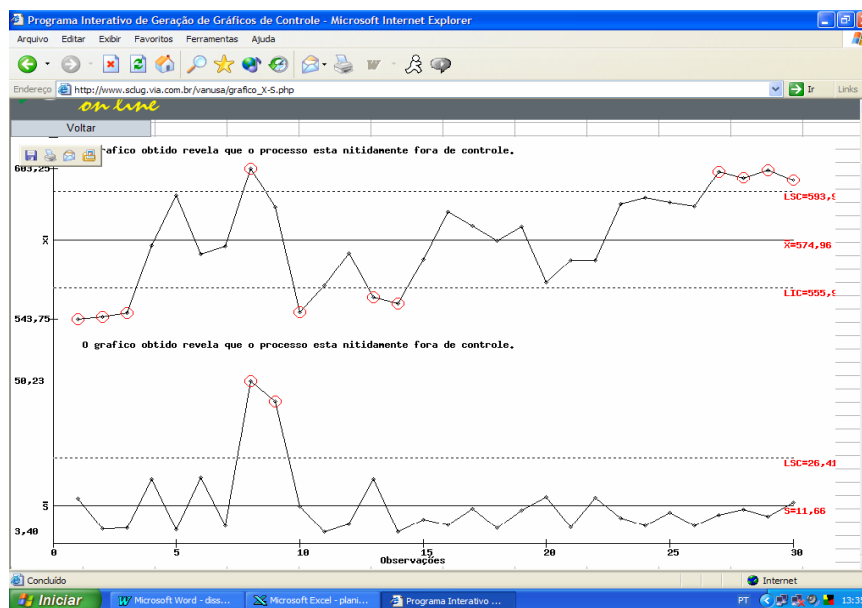


FIGURA 16 - Gráfico de controle  $\bar{X}$ -s da variável temperatura do atomizador

Um processo é considerado fora de controle quando ocorrem variações no processo produtivo. Nesta perspectiva observando o gráfico gerado, concluiu-se que o gráfico  $\bar{X} - s$  apresenta vários pontos fora de controle. É necessário, portanto, que o processo seja revisto para identificar o que ocasionou esta variabilidade. Recomenda-se também uma revisão na folha de verificação, para junto com o operador tentar identificar quais as causas que afetam o processo. Observa-se que, nos pontos 27, 28, 29 e 30 há um crescimento da temperatura média do processo, que deve ser imediatamente corrigida.

Com relação ao gráfico de variabilidade, o mesmo manteve-se sob controle no final do processo, mas apresentou também pontos fora de controle.

Recomenda-se, neste caso, encontrar um processo estável afim de que seus limites sirvam para avaliações futuras.

## **4.2 Estudo de caso fabricação de pequenos recipientes**

Para verificar se a proporção de produtos não conformes apresenta alguma variabilidade tanto de causa comum quanto especial, utilizou-se o gráfico de controle por atributo p. De uma amostra de produção de uma fábrica de pequenos recipientes, foram retiradas 25 amostras com 50 observações cada no período de 10 de junho a 10 de novembro, sendo retiradas 4 amostras por dia.

a) Seleciona-se o tipo de gráfico de controle por variável ou atributo conforme os dados da variável a ser analisada, como mostra a Figura 17.

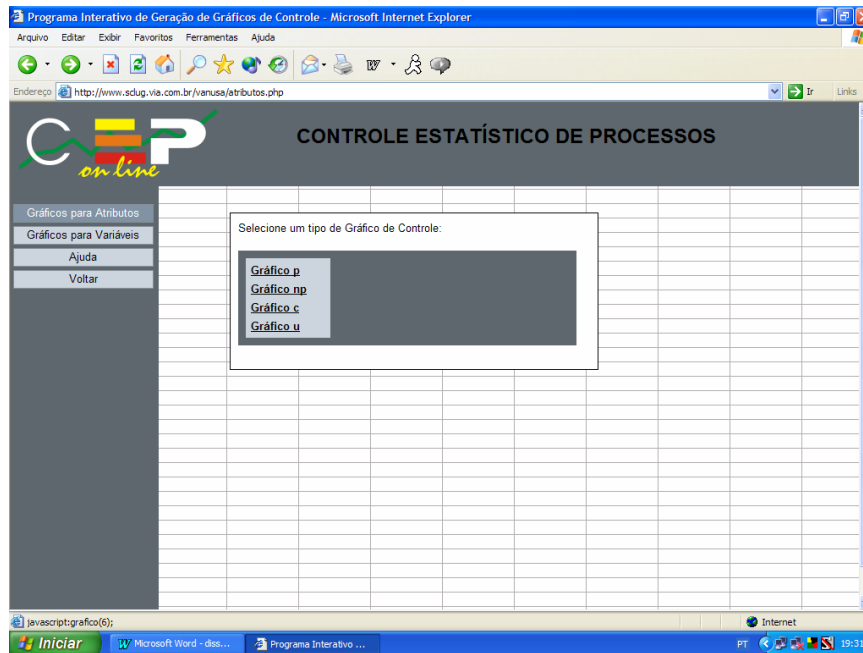


FIGURA 17 – Seleção do gráfico de controle por atributo p

b) Após, verificam-se na tabela, os dados da variável, como o número de subgrupos e o número de observações em cada subgrupo, conforme a Tabela 06.

TABELA 06 – Dados da variável recipiente

Número do Subgrupo	Data	Número de Itens Observados	Número de Itens Não-Conformes	Proporção de Não-Conformes
1	10/jun	50	4	0,08
2	10/jun	50	2	0,04
3	10/jun	50	5	0,10
4	10/jun	50	3	0,06
5	10/jul	50	2	0,04
6	10/jul	50	1	0,02
7	10/jul	50	3	0,06
8	10/jul	50	2	0,04
9	10/ago	50	5	0,10
10	10/ago	50	4	0,08
11	10/ago	50	3	0,06
12	10/ago	50	5	0,10
13	10/set	50	5	0,10



Continuação ...

14	10/set	50	2	0,04
15	10/set	50	3	0,06
16	10/set	50	2	0,04
17	10/out	50	4	0,08
18	10/out	50	10	0,20
19	10/out	50	4	0,08
20	10/out	50	3	0,06
21	10/nov	50	2	0,04
22	10/nov	50	5	0,10
23	10/nov	50	4	0,08
24	10/nov	50	3	0,06
25	10/nov	50	4	0,08
<b>TOTAL</b>		<b>1250</b>	<b>90</b>	

Fonte: Mitra (1998, p. 339)

c) Após, procede-se a entrada de dados, como o número de subgrupos e o número de observações em cada subgrupo, de acordo com a Figura 18.

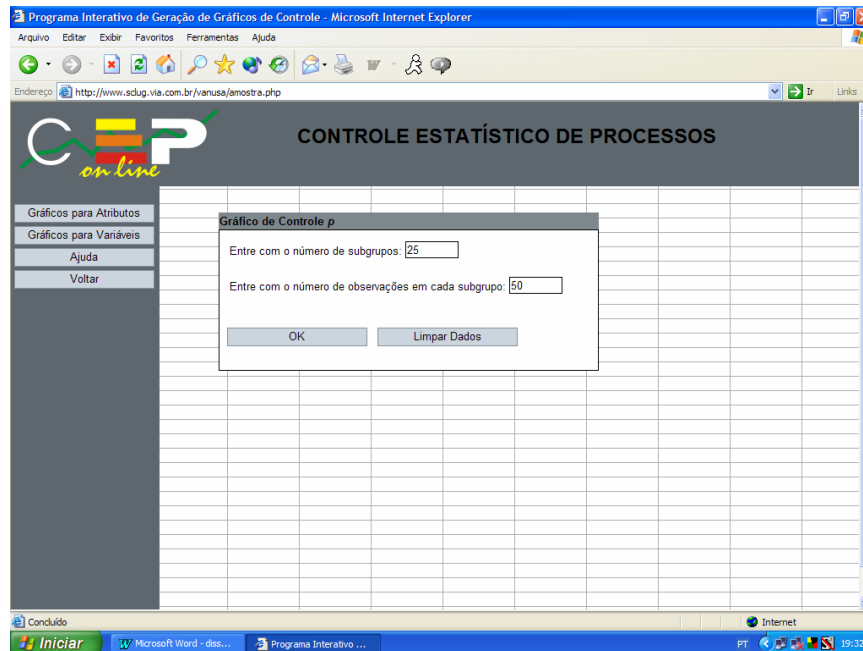


Figura 18 – Número de subgrupos e observações em cada subgrupo da variável recipientes

d) Com base nos dados da Tabela 07, digitam-se os dados da amostra, conforme Figura 19.

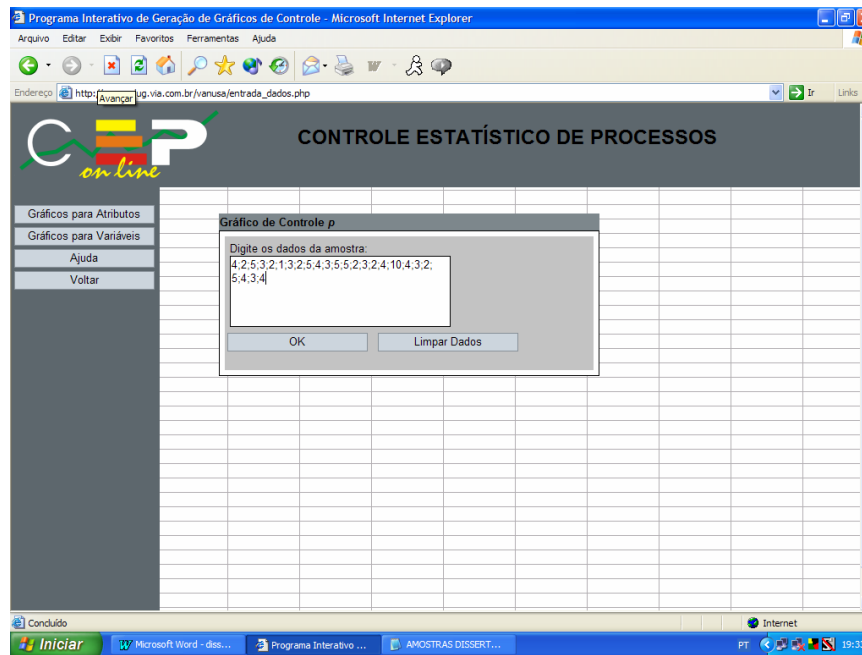


Figura 19 – Entrada dos dados da amostra da variável recíproca

e) Após, são descritos os cálculos para encontrar os valores da média e os limites de controle do gráfico p.

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{90}{1250} = 0,072$$

$$LSCp = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,072 + 3 \sqrt{\frac{0,072(1-0,072)}{50}} = 1,82$$

$$LC = \bar{p} = 0,072$$

$$LICp = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,072 - 3 \sqrt{\frac{0,072(1-0,072)}{50}} = -0,038 = 0$$

f) E, para concluir, é gerado o gráfico de controle, conforme Figura 20.

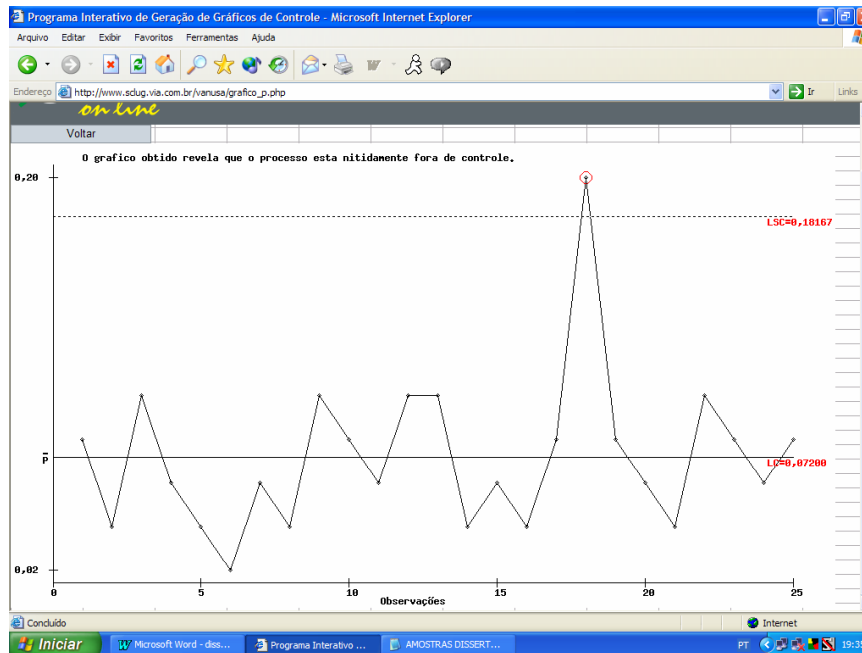


Figura 20 – Gráfico de controle por atributo p da variável recipientes

Analisando o gráfico, verifica-se que o processo apresenta uma causa especial de variação, ou seja o processo está fora de controle. Observa-se que a amostra número 18 apresenta uma variação de causa especial que deve ser investigada e analisada. Recomenda-se, neste caso, que a folha de verificação seja revista, para tentar identificar o que ocasionou essa falha no processo.

### 4.3 Estudo de caso satisfação dos clientes

Produzir mais e melhor, mais barato e mais rápido é o paradigma da flexibilidade que se impõe a cada dia no mundo dos negócios. Neste ambiente de alta competitividade, cada vez mais torna-se necessário gestões flexíveis e adaptáveis às mudanças constantes. O gerenciamento de processos organizacionais, nesta última década, tem conduzido empresas e

comunidades a repensar o planejamento de ações como um conjunto intimamente relacionado, onde o principal objetivo tem sido a satisfação das necessidades dos clientes, na busca constante de um relacionamento a longo prazo. A necessidade de satisfazer o cliente tem feito com que várias empresas adotassem programas de qualidade, tendo como foco principal o cliente.

Para realizar a análise desta amostra, usou-se o gráfico de controle np. A amostra é de uma loja de departamentos onde se pretende verificar se existe variabilidade ou não, relativa ao grau de insatisfação dos clientes. Para isso, foram coletados 20 subgrupos, onde cada um deles possui 300 observações.

a) Para gerar este gráfico seleciona-se o tipo de gráfico de controle por variável ou atributo, conforme os dados da variável a ser analisada, como mostra a Figura 21.

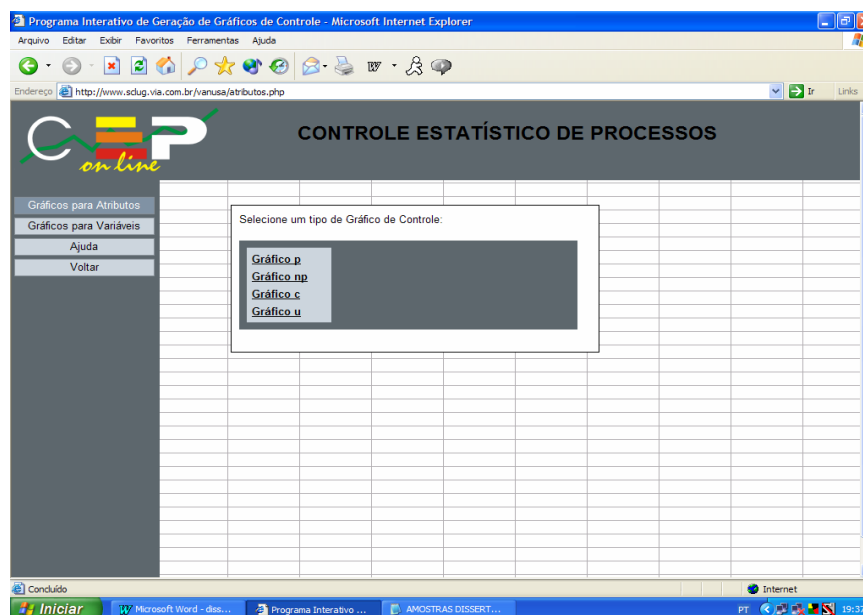


Figura 21 – Seleção do gráfico de controle por atributo np

b) Verifica-se na tabela, os dados da variável, como o número de subgrupos e o número de observações em cada subgrupo, no caso da Tabela 07.

TABELA 07 – Dados da variável clientes insatisfeitos

<b>Número do Subgrupo</b>	<b>Observações</b>	<b>Número de Clientes Insatisfeitos</b>
1	300	10
2	300	12
3	300	8
4	300	9
5	300	6
6	300	11
7	300	13
8	300	10
9	300	8
10	300	9
11	300	6
12	300	19
13	300	10
14	300	7
15	300	8
16	300	4
17	300	11
18	300	10
19	300	6
20	300	7
<b>TOTAL</b>		<b>184</b>

Fonte: Mitra (1998, p. 348)

c) Após, procede-se a entrada de dados, como o número de subgrupos e o número de observações em cada subgrupo, de acordo com a Figura 22.

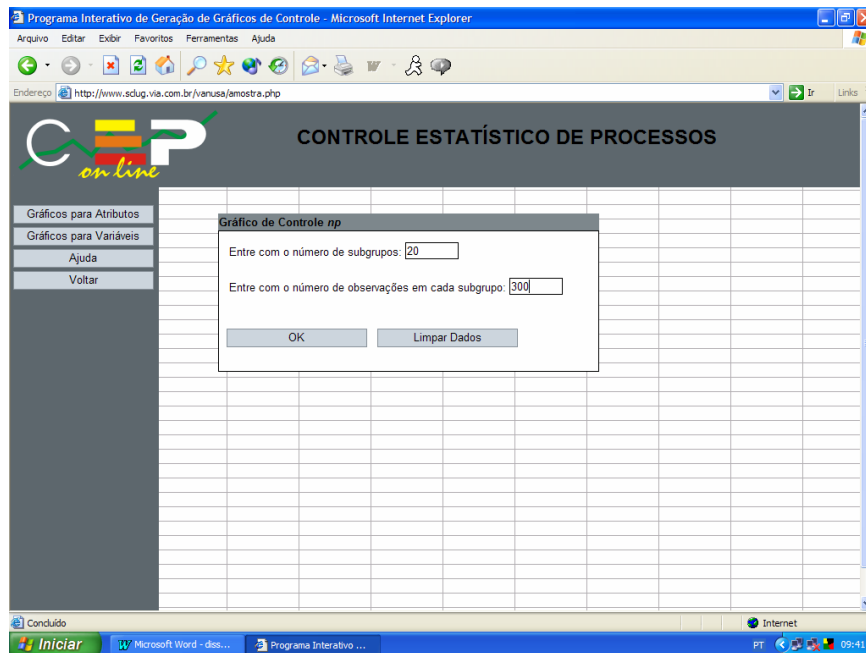


FIGURA 22 – Número de subgrupos e número de observações em cada subgrupo da variável clientes insatisfeitos

d) Com base nos dados da Tabela 07, digita-se os dados coletados, conforme Figura 23.

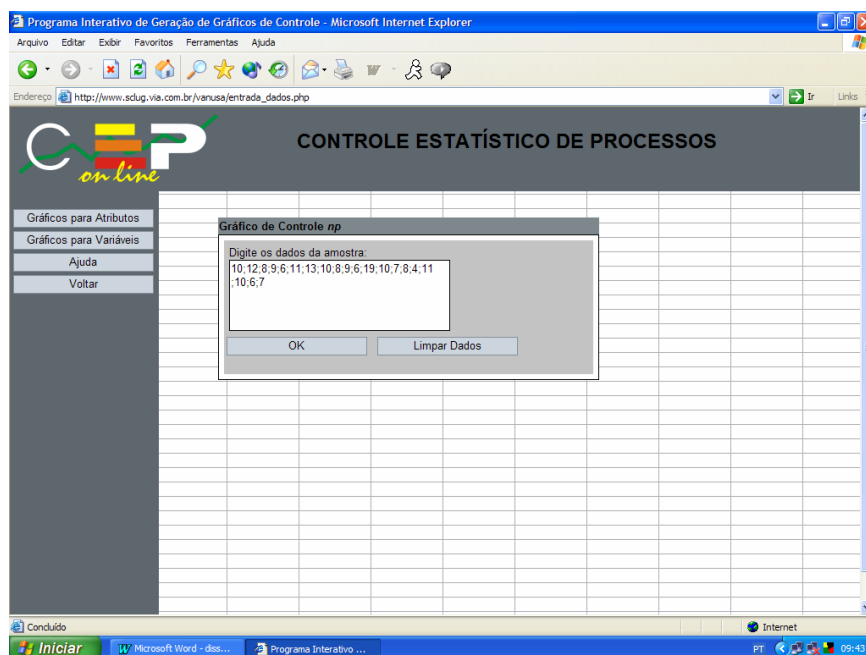


FIGURA 23 - Entrada de dados da amostra da variável clientes insatisfeitos

e) Após, o aplicativo efetua os cálculos da média, dos limites central, inferior e superior de controle.

$$\bar{np} = \frac{\sum p_i}{\sum n} = \frac{184}{20} = 9,2$$

$$LSC = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} = 9,2 + 3\sqrt{9,2(1-9,2/300)} = 18,16$$

$$LC = \bar{np} = 9,2$$

$$LIC = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} = 9,2 - 3\sqrt{9,2(1-9,2/300)} = 0,241$$

f) Depois de ter feito os cálculos, o “CEP *on-line*” gera o gráfico de controle, como mostra a Figura 24.

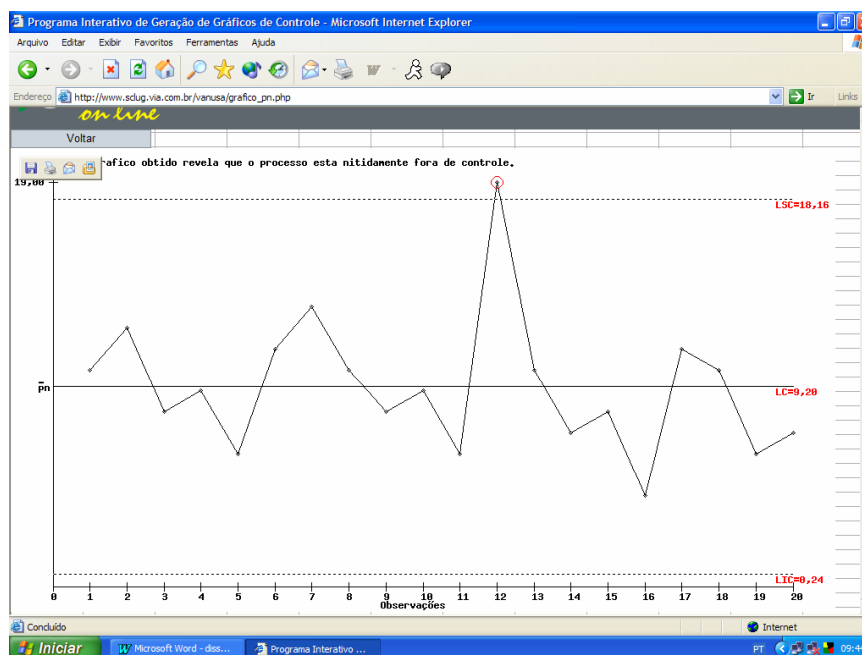


FIGURA 24 – Gráfico de controle por atributo np da variável clientes insatisfeitos

O gráfico de controle por atributo np fornece uma visão da insatisfação dos clientes de uma loja de departamentos. Observa-se que

ocorre uma causa especial de variação na amostra 12, a qual deve ser investigada. Recomenda-se que os dados da amostra sejam revistos, podendo haver um erro na folha de verificação, para assim identificar as possíveis causas desta variação.

#### 4.4 Estudo de caso placas de circuito impresso

A placa de circuito impresso, também denominada de *Placa de Circuito Impresso* (PCI<sup>18</sup>), tem como função básica proporcionar suporte mecânico e interligação elétrica para os componentes utilizados no circuito eletrônico. As exigências cada vez maiores no que se diz respeito ao desempenho mecânico e elétrico mostram que projetar uma placa de circuito impresso não é uma tarefa tão simples como se imagina, exigindo que sejam respeitados alguns requisitos básicos para que se atinja o objetivo final, o de fabricar uma PCI com qualidade.

A concepção de uma placa de circuito impresso parte de dois pontos principais: o projeto mecânico e o projeto elétrico.

O projeto mecânico leva em consideração detalhes estéticos e funcionais, tais como *Light Emitting Diode* (LED's<sup>19</sup>), que deverão aparecer externamente ao gabinete, posição de chaves e botões, localização de componentes críticos, como transistores e resistores de potência, e componentes que possam deformar a placa em função do seu peso, como transformadores.

Geralmente, a geometria da placa está limitada também as dimensões do gabinete onde será acondicionada, e não são raras as situações nas quais

---

<sup>18</sup> Placa de circuito impresso.

<sup>19</sup> Light emitting diode ou diodo emissor de luz.



torna-se necessário comportar o projeto elétrico em um espaço muito crítico. Porém, vale ressaltar que restrições excessivamente rígidas quanto ao espaço disponível para o circuito eletrônico levam a situações em que é preciso diminuir a largura/espacamento de trilhas, ou até aumentar o número de camadas de cobre, elevando desnecessariamente o custo de fabricação da placa.

O projeto elétrico é o que define uma funcionalidade para a placa de circuito impresso. Devem ser levadas algumas considerações básicas no projeto elétrico visando provável redução no custo de fabricação da placa, bem como melhorar a qualidade final do equipamento.

Sempre que possível, deve-se dimensionar os componentes de potência adequadamente. Superdimensionar tais componentes pode acarretar em aumento da área ocupada por eles, sem falar no custo do próprio componente, o qual muitas vezes é maior. É necessário prever dissipadores de calor para componentes que aquecem muito.

Quando o número de placas/mês for elevado, é justificável pensar em formas de automatizar ao máximo a montagem de placas. Utilize, nestes casos, *Componentes de Montagem em Superfície* (SMD<sup>20</sup>), os quais permitem a montagem por equipamentos de inserção automática.

Em equipamentos de versões diversas devem-se projetar placas que permitam sub-equipação, ou seja, a mesma placa pode ser utilizada em versões de equipamentos diferentes, bastando suprimir/acrescentar componentes que sejam distintos em ambas as versões.

Neste estudo de caso utilizou-se o gráfico de controle por atributo c, do qual serão analisados 26 subgrupos de uma amostra de 100 placas de circuito impresso.

a) Para gerar este gráfico, seleciona-se o tipo de gráfico de controle por variável ou atributo, conforme os dados da variável a ser analisada, como mostra a Figura 25.

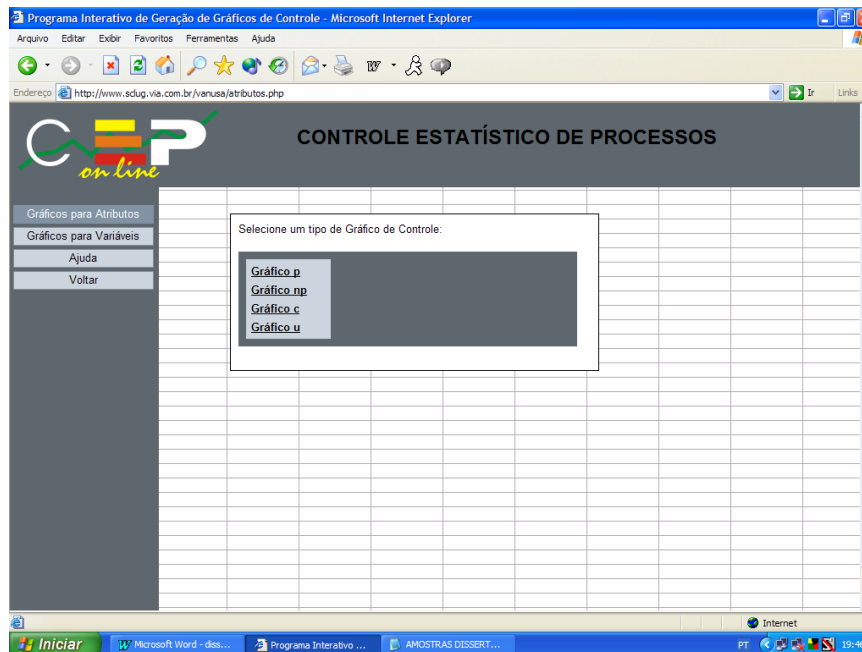


FIGURA 25 – Seleção gráfico de controle por atributo c

b) Após, verifica-se na tabela, os dados da variável, como o número de subgrupos e o número de observações em cada subgrupo, de acordo com a Tabela 08.

---

<sup>20</sup> Dispositivos montados em superfície.

TABELA 08 – Dados da variável placas de circuito impresso

<b>Número de Subgrupos</b>	<b>Observações</b>	<b>Número de Não-Conformes</b>
1	1	21
2	1	24
3	1	16
4	1	12
5	1	15
6	1	5
7	1	28
8	1	20
9	1	31
10	1	25
11	1	20
12	1	24
13	1	16
14	1	19
15	1	10
16	1	17
17	1	13
18	1	22
19	1	18
20	1	39
21	1	30
22	1	24
23	1	16
24	1	19
25	1	17
26	1	15
<b>TOTAL</b>		<b>516</b>

Fonte: Montgomery (1996, p. 277)

c) Após, digita-se o número de subgrupos e o número de observações em cada subgrupo, de acordo com a Figura 26.

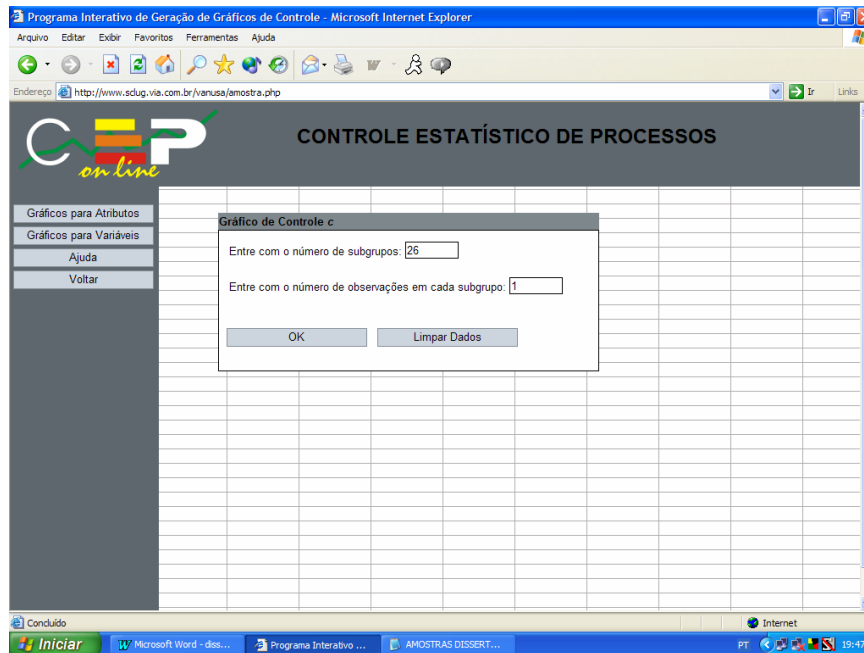


FIGURA 26 – Número de subgrupos e número de observações em cada subgrupo da variável placas de circuito impresso

d) Em seguida digita-se os dados coletados, como mostra a Figura 27.

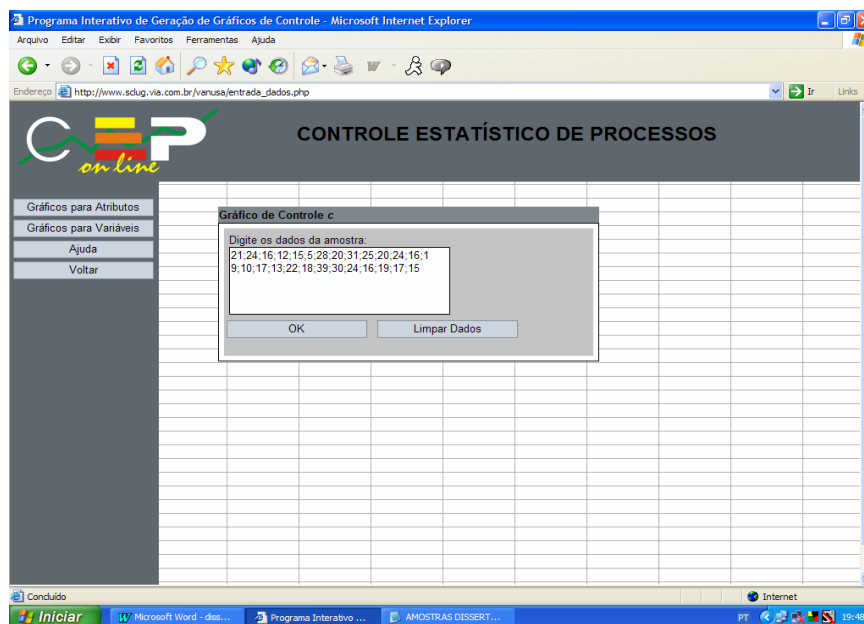


FIGURA 27 – Amostra de dados da variável placas de circuito impresso

e) Após a entrada de dados da amostra, são feitos os cálculos da média e dos limites de controle.

$$\bar{c} = \frac{\Sigma c}{g} = \frac{516}{26} = 19,85$$

$$LSC_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 19,85 + 3\sqrt{19,85} = 33,22$$

$$LC = \bar{c} = 19,85$$

$$LIC_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 19,85 - 3\sqrt{19,85} = 6,48$$

f) Para finalizar, é gerado o gráfico de controle selecionado anteriormente no item (a), como mostra a Figura 28.

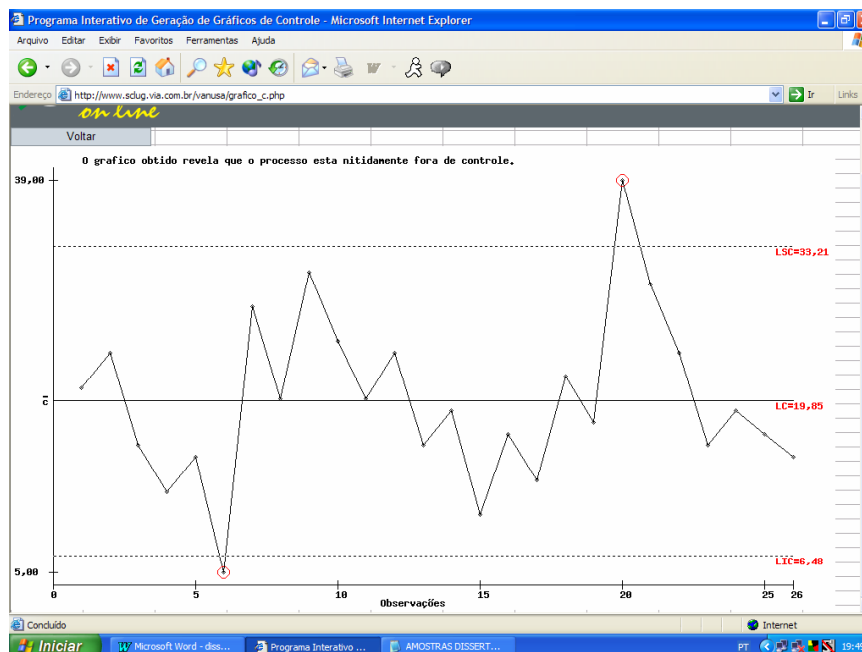


FIGURA 28 – Gráfico de controle por atributo c da variável placas de circuito impresso

Analisando o gráfico, constata-se que apresenta dois pontos fora dos limites de controle, ou seja, os pontos 6 e 20. É necessário que se proceda uma investigação para determinar as causas dessa variação nestes dois

pontos, podendo ser tanto de inspeção quanto de controle de temperatura da máquina, afim de que tais limites possam ser revistos e se encontre um processo estável.

#### 4.5 Estudo de caso computadores pessoais

Também conhecidos como microcomputadores, micro e *Personal Computer* (PC), possuem diversas formas e modelos. Os computadores pessoais surgiram em 1981, através da empresa IBM, e sua capacidade de processamento está evoluindo constantemente.

Os computadores pessoais estão presentes em todos os tipos de empresas. Sua interligação em rede possibilita a substituição de computadores de maior porte, além de possuir um preço acessível.

Alguns tipos de computadores pessoais:

a) *Desktop* computador de mesa, o mais comum;

b) *Notebook* computador portátil alimentado por bateria, seu custo é mais elevado e sua capacidade de processamento é maior;

c) *Palmot*, conhecido também por *Personal Digital Assistants* (PDA), é alimentado por bateria, possui capacidade de processamento maior;

d) *Macintosh* computador pessoal da empresa *APPLE*<sup>21</sup>, muito utilizado em trabalhos gráficos.

Para realizar este estudo, utilizou-se o gráfico de controle por atributo u afim de detectar os defeitos por unidade na linha de produção de computadores pessoais.

---

<sup>21</sup> Empresa de microcomputadores

Foram utilizadas 20 amostras de 5 computadores cada, para verificar se a produção de computadores pessoais apresenta alguma variabilidade ou não.

a) Para fazer esta análise, seleciona-se o tipo de gráfico de controle por variável ou atributo, conforme os dados da variável a ser analisada, como mostra a Figura 29.

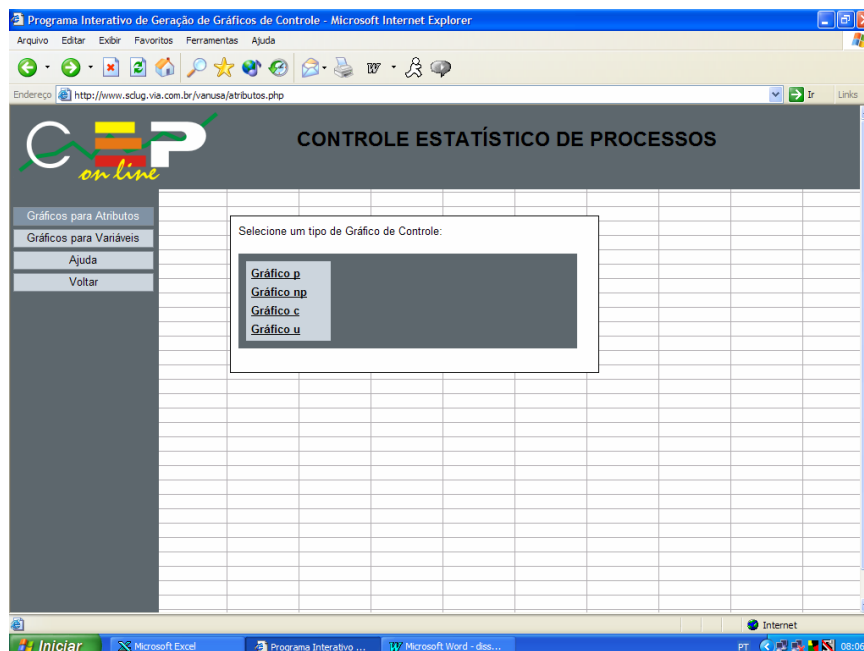


FIGURA 29 – Seleção do gráfico de controle por atributo u

b) Após, verifica-se na tabela, os dados da variável como mostra a Tabela 09.

TABELA 09 – Dados da variável computadores pessoais

Número de Subgrupos	Observações	Total de Não-Conformes, $C_i$	Média de Não-Conformes por Unidade, $U_i = C_i/N$
1	5	10	2,0
2	5	12	2,4
3	5	8	1,6
4	5	14	2,8
5	5	10	2,0
6	5	16	3,2
7	5	11	2,2
8	5	7	1,4
9	5	10	2,0
10	5	15	3,0
11	5	9	1,8
12	5	5	1,0
13	5	7	1,4
14	5	11	2,2
15	5	12	2,4
16	5	6	1,2
17	5	8	1,6
18	5	10	2,0
19	5	7	1,4
20	5	5	1,0
<b>TOTAL</b>		<b>193</b>	<b>38,6</b>

Fonte: Montgomery (1996, p. 283)

c) Digita-se o número total de amostras da variável, conforme Figura 30.



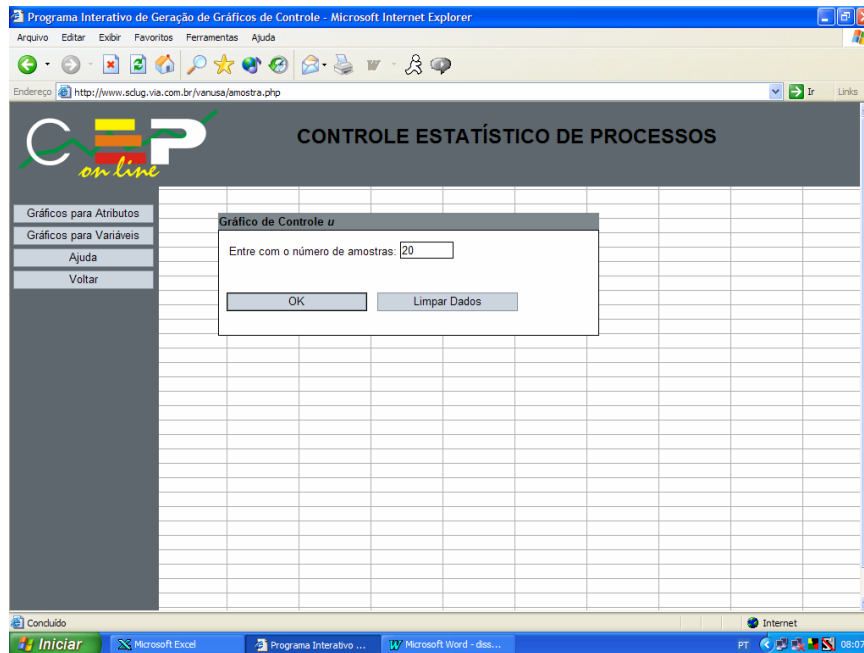


FIGURA 30 – Entrada de dados do número de amostras

d) Após, digita-se os dados da amostra e os dados do número de defeitos da amostra, como mostra a Figura 31.

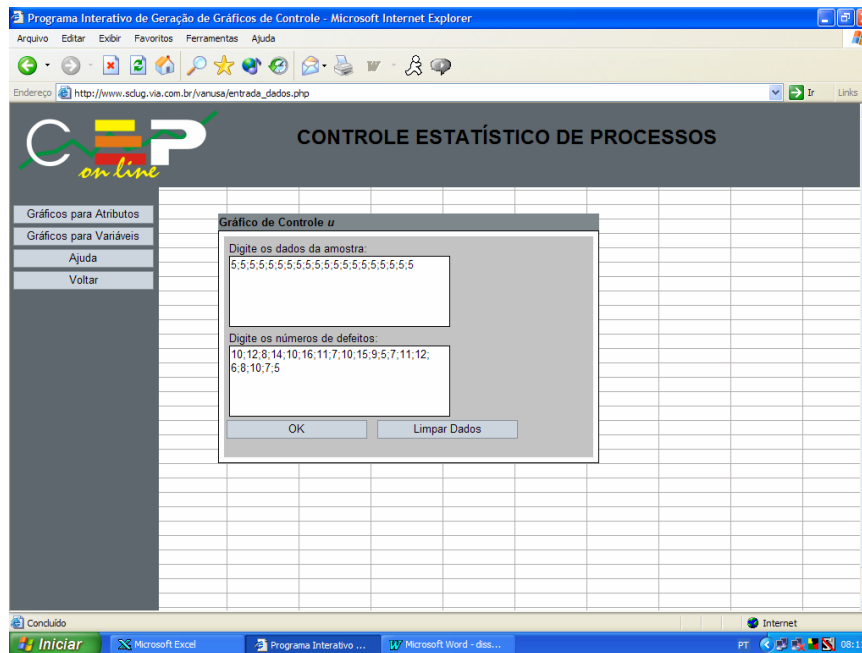


FIGURA 31 – Entrada de dados da amostra e do número de defeitos da variável computadores pessoais

e) Depois de serem inseridos os dados da amostra e os números de defeitos, de acordo com os dados coletados, o aplicativo realiza os cálculos da média e dos limites de controle.

$$u = \frac{c}{n} = \frac{193}{5} = 38,6$$

$$\bar{u} = \frac{\Sigma c}{\Sigma n} = \frac{38,60}{20} = 1,93$$

$$LSC_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 1,93 + 3\sqrt{\frac{1,93}{5}} = 3,79$$

$$LC = \bar{u} = 1,93$$

$$LIC_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 1,93 - 3\sqrt{\frac{1,93}{5}} = 0,07$$

f) O “CEP *on-line*” gera o gráfico de controle por atributo, de acordo com a Figura 32.

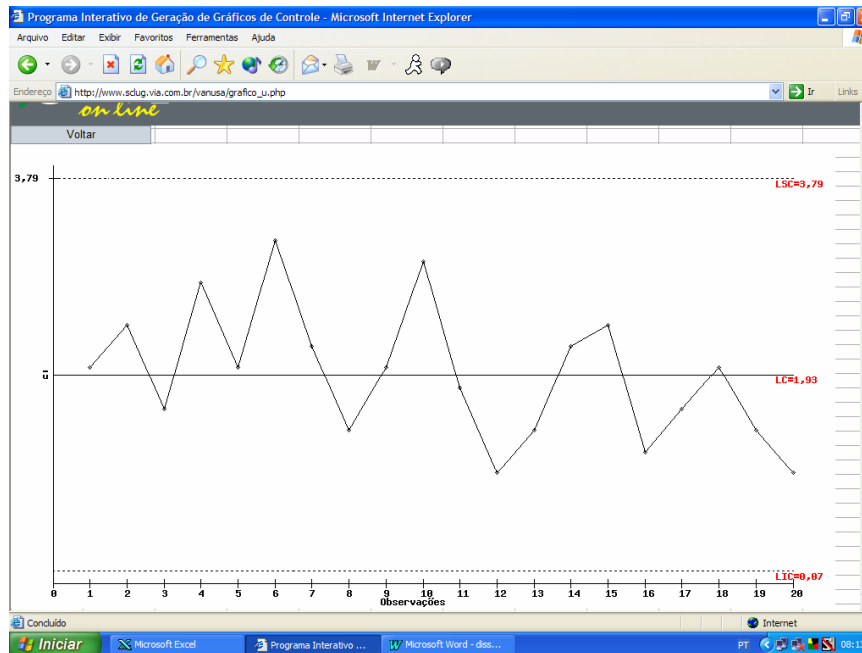


FIGURA 32 – Gráfico de controle por atributo u da variável computadores pessoais

De acordo com o gráfico de controle por atributo u gerado, constatou-se que não ocorre nenhuma causa especial de variação no processo de fabricação de computadores pessoais, portanto o mesmo encontra-se sob controle.

## 5 CONCLUSÕES

O acirramento da concorrência com a crescente internacionalização dos mercados e da economia conduz as organizações à necessidade de buscar vantagens competitivas sustentáveis. E, aliado a todos esses imperativos, vieram os aplicativos e as ferramentas estatísticas de qualidade.

Melhorar um processo reduzindo a sua variabilidade, poderá trazer grandes benefícios para uma empresa, através da redução dos custos de falhas internas e externas que caracterizam a má qualidade. O pensamento estatístico e o grau de variação estão integrados ao planejamento de melhoria significativa do sistema, e os gráficos de controle, além de serem uma ferramenta estatística, também são uma maneira de planejar, de identificar variações e anomalias no sistema de produção. Este emprego da estatística cria um ciclo de *feedback* positivo e permite que a organização alcance melhorias em massa.

Devido à deficiência de *sites* interativos sobre CEP, procurou-se neste estudo, além de fornecer informações sobre o CEP e os gráficos de controle, possibilitar a interação do usuário com o aplicativo “CEP *on-line*”.

Cabe ressaltar que o “**Tutorial Informativo e Interativo CEP**” juntamente com o “CEP *on-line*”, possuem um diferencial em relação aos aplicativos e sites já existentes sobre este assunto no mercado, que é o *link* “Faça um teste”, que dá acesso ao usuário de forma *on-line* ao aplicativo e permite que o mesmo tenha acesso a toda informação teórica e também à parte prática através de um endereço eletrônico.

Uma das vantagens do nosso site é que tanto ele quanto o aplicativo podem ser acessados de qualquer local pelo fato de estarem disponíveis *on-line*.

O site também apresenta uma bibliografia atualizada sendo que os conteúdos abordados são os mesmos da presente dissertação. Além de possibilitar uma aproximação das empresas com as ferramentas estatísticas de qualidade, sendo que atualmente a maior parte da pequena e média empresa não possui recursos financeiros para investir em aplicativos, e tanto o site “ **Tutorial Informativo e Interativo CEP** “, quanto o aplicativo “ *CEP on-line* ” estão disponibilizando *on-line* este recurso teórico-prático sem custos adicionais.

Para testar o aplicativo criado, foram utilizadas diversas variáveis, tais como a umidade, a temperatura do forno, a temperatura do atomizador, dentre outras. Através dos gráficos de controle específicos para cada variável, observou-se que algumas delas apresentam algum tipo de variabilidade que deve ser investigada e analisada.

Pelos resultados obtidos em relação ao “*CEP on-line*”, constatou-se que os gráficos de controle gerados demonstraram perfeitamente o processo produtivo da variável em questão, não deixando dúvidas com relação aos pontos que apresentaram algum tipo de variação.

Gostaria de salientar que os estudos de casos, foram testados também em softwares comerciais já existentes no mercado e obtiveram os mesmos resultados tanto para os limites de controle como para os pontos fora de controle, sinalizando corretamente o período que o mesmo ocorreu. Apresentou também o mesmo traçado gráfico que o aplicativo “ *CEP on-line* “.

## 5.1 Recomendações

Para trabalhos futuros, recomenda-se que além de gráficos de controle, o “CEP *on-line*” faça também o cálculo dos limites de controle revisados. Bem como, acrescentar ao aplicativo os gráficos de controle EWMA e CUSUM.

Com relação ao tamanho do subgrupo da amostra, sugere-se que o aplicativo não imponha restrições, podendo ser tanto variável, quanto constante. E que possibilite ao usuário escolher o nível de confiança.

Criar um fórum no *site* para responder a questões relacionadas ao CEP e aos gráficos de controle.

## 6 BIBLIOGRAFIA

BARÇANTE, L. C. **Qualidade total: uma visão brasileira: o impacto estratégico na universidade e na empresa.** Rio de Janeiro: Campus, 1998.

BARTMANN, F. C. Idéias básicas do controle moderno da qualidade. In: VII SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA. Campinas. **Anais...** Campinas: UNCAMP/IMECC – ABE, 1996.

BRAVO, P. C. **Controle estatístico da qualidade.** São Paulo, 1995.

CAMPOS, V. F. **TQC: controle da qualidade total.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CROSBY, P. B. **Qualidade – falando sério.** São Paulo: McGraw Hill, 1990.

FARIAS, J.C. A ISO 9000:2000 e o CEP. **Banas Qualidade**, n. 111, p. 88, agosto 2001.

GARCIA, S. **Segurança em programação PHP.** Disponível em: <[http://www.linuxclube.com.br/documentos/download.php?doc\\_id=59](http://www.linuxclube.com.br/documentos/download.php?doc_id=59)>. Acesso em 10 de novembro de 2003.

GRANT, E. L.; LEAVENWORTH, R. S. **Statistical quality control.** 5 ed. New York: McGraw Hill, 1980.

GUEDES, T.A. **Introdução ao controle da qualidade: melhoria contínua da qualidade**. Maringá: Bertoni, 2002.

ISHIKAWA, K. **TQC – Estratégia e administração da qualidade**. Ed. IMC, 1994.

KUME, H. **Métodos estatísticos para a melhoria da qualidade**. Tradução por Dario Miyake. 11 ed. São Paulo: Gente, 1993. 245p. Título Original: Statistical approaches for the improvement from the quality.

LAGO NETO, J. C. **O efeito da autocorrelação em gráficos de controle para variável contínua: um estudo de caso**. Florianópolis: UFSC, 1999, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

LEVINE, D.M. BERENSON, M. L. & STEPHAN, D. **Estatística: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Ed. 34, 1999-10-18.

MITRA, A. **Fundamentals of quality control and improviment**. 2 ed. Upper Saddle River. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 3 ed. Ed. New York: John Wiley, Arizona State University, 1996.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

Núcleo Técnico e Editorial Makron Books. **HTML: passo a passo**. São Paulo: Mackron Books, 1999.

NUNES, J. P. **Gráficos de controle do processo**. Disponível em: <<http://www.geocities.com/Eureka/Plaza/6813>>. Acesso em: 29 de jul., 2003.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade no processo**. São Paulo: Atlas, 1995.



\_\_\_\_\_. **Gestão da Qualidade: teoria e prática.** São Paulo: Atlas, 2000.

PARANTHAMAN, D. **Controle da qualidade.** São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

ROCHA, C. A. **Desenvolvendo web sites dinâmicos PHP, ASP, JSP.** Rio de Janeiro: Campus, 2003.

ROTANDARO, R. G. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços.** São Paulo: Atlas, 2002.

SAMOHYL, R.W., CORVALÃO, E.D. **Considerações sobre o CEP na norma ISO 9001:2000.** Fonte NNQ. Informativo softExpert, n. 17, março, 2004.

SIQUEIRA, L. G. P. **Controle estatístico do processo.** São Paulo: Pioneira, Equipe GRIFO, 1997.

SOARES, W. **Programando em PHP: conceitos e aplicações.** São Paulo: Érica, 2000.

ULLMANN, L. **PHP para a world wide web.** Tradução por Daniela Humpert. Rio de Janeiro: Campus, 2003. Título original: PHP for the world wide web.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade: Como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços.** Rio de Janeiro: Campus, 1999.

WETTREICH, M. In: Catálogo do Internet World 98. VIII CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE INTERNET. **Anais...**:Rio de Janeiro, 16-18/09/1998, p.2.



## **7 ANEXOS**

ANEXO A - Fatores para o cálculo dos limites de controle ( $3\sigma$ ) para os gráficos:  $\bar{X}$ ,  $R$  e  $S$ 

$n$	Gráfico para a Média			Gráfico para o Desvio Padrão						Gráfico para a Amplitude						
	Fatores para os Limites de Controle			Fatores para a Linha Central		Fatores para os Limites de Controle				Fatores para a Linha Central		Fatores para os Limites de Controle				
	$A$	$A_2$	$A_3$	$c_4$	$\sqrt{c_4}$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$d_2$	$\sqrt{d_2}$	$d_3$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$
2	2,121	1,880	2,659	0,7979	1,2533	0	3,627	0	2,606	1,128	0,8865	0,953	0	3,686	0	3,267
3	1,732	1,023	1,954	0,8862	1,1284	0	2,568	0	2,276	1,693	0,5907	0,888	0	4,358	0	2,575
4	1,500	0,729	1,628	0,9213	1,0854	0	2,266	0	2,088	2,059	0,4857	0,880	0	4,698	0	2,282
5	1,342	0,577	1,427	0,9400	1,0638	0	2,089	0	1,964	2,326	0,4299	0,864	0	4,918	0	2,115
6	1,225	0,483	1,287	0,9515	1,0510	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,3946	0,848	0	5,078	0	2,004
7	1,134	0,419	1,182	0,9594	1,0423	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,3698	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924
8	1,061	0,373	1,099	0,9650	1,0363	0,185	1,815	0,179	1,751	2,847	0,3512	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864
9	1,000	0,337	1,032	0,9693	1,0317	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,3367	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816
10	0,949	0,308	0,975	0,9727	1,0281	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,3249	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,905	0,285	0,927	0,9754	1,0252	0,321	1,679	0,313	1,637	3,173	0,3152	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744
12	0,866	0,266	0,886	0,9776	1,0229	0,354	1,646	0,346	1,610	3,258	0,3069	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717
13	0,832	0,249	0,850	0,9794	1,0210	0,382	1,618	0,374	1,585	3,336	0,2998	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693
14	0,802	0,235	0,817	0,9810	1,0194	0,406	1,594	0,399	1,563	3,407	0,2935	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672
15	0,775	0,223	0,789	0,9823	1,0180	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,2880	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653
16	0,750	0,212	0,763	0,9835	1,0168	0,448	1,552	0,440	1,526	3,532	0,2831	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637
17	0,728	0,203	0,739	0,9845	1,0157	0,466	1,534	0,458	1,511	3,588	0,2787	0,744	1,356	5,820	0,378	1,622
18	0,707	0,194	0,718	0,9854	1,0148	0,482	1,518	0,475	1,496	3,640	0,2747	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608
19	0,688	0,187	0,698	0,9862	1,0140	0,497	1,503	0,490	1,483	3,689	0,2711	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597
20	0,671	0,180	0,680	0,9869	1,0133	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,2677	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585
21	0,655	0,173	0,663	0,9876	1,0126	0,523	1,477	0,516	1,459	3,778	0,2647	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575
22	0,640	0,167	0,647	0,9882	1,0119	0,534	1,466	0,528	1,448	3,819	0,2618	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566
23	0,626	0,162	0,633	0,9887	1,0114	0,545	1,455	0,539	1,438	3,858	0,2592	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557
24	0,612	0,157	0,619	0,9892	1,0109	0,555	1,445	0,549	1,429	3,895	0,2567	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548
25	0,600	0,153	0,606	0,9896	1,0105	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,2544	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541

Tabela adaptada de: SIQUEIRA, L. G. P. Controle estatístico do processo. São Paulo:Pioneira, (1997).

Para  $n > 25$

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}}, A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}, c_4 \cong \frac{4(n-1)}{4n-3}, B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}, B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}, B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}, B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

## ANEXO B – Fatores para cálculo de limites de controle

<b>n</b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>E<sub>2</sub></b>	<b>B<sub>3</sub></b>	<b>B<sub>4</sub></b>	<b>D<sub>3</sub></b>	<b>D<sub>4</sub></b>
2	1,880	2,695	2,660	-	3,267	-	3,267
3	1,023	1,954	1,772	-	2,568	-	2,574
4	0,729	1,628	1,457	-	2,266	-	2,282
5	0,577	1,427	1,290	-	2,089	-	2,114
6	0,483	1,287	1,184	0,030	1,970	-	2,004
7	0,419	1,182	1,109	0,118	1,882	0,076	1,924
8	0,373	1,099	1,054	0,185	1,815	0,136	1,864
9	0,337	1,032	1,010	0,239	1,761	0,184	1,816
10	0,308	0,975	0,975	0,284	1,716	0,223	1,777

Tabela adaptada de: MONTGOMERY, D.C. Introduction to statistical quality control. 3. Ed. New York: John Wiley, 1996, apud ROTANDARO (2002, p. 52).