

**ABNT-Associação  
Brasileira de  
Normas Técnicas**

Sede:  
Rio de Janeiro  
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar  
CEP 20003 - Caixa Postal 1690  
Rio de Janeiro - RJ  
Tel.: PABX (021) 210-3122  
Telex: (021) 34333 ABNT-BR  
Endereço Telegráfico:  
NORMATÉCNICA

Copyright © 1990,  
ABNT-Associação Brasileira  
de Normas Técnicas  
Printed in Brazil/  
Impresso no Brasil  
Todos os direitos reservados

CDU: 621.3:519.248

NOV./1990

NB-1326

# Controle estatístico para prevenção e detecção de desvios da qualidade, durante processos de fabricação, por meio de gráficos

## Procedimento

Registrada no INMETRO como NBR 11469  
NBR 3 - Norma Brasileira Registrada

Origem: Projeto 03:056.02-016/88  
CB-03 - Comitê Brasileiro de Eletricidade  
CE-3:056.02 - Comissão de Estudo de Controle e Certificação da Qualidade  
NB-1326 - Control chart techniques for prevention and detection and quality deviations when manufacturing - Procedure  
Esta Norma foi baseada na BS 2564/1985

Palavras-chave: Controle de qualidade. Estatística

23 páginas

## SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Documentos complementares
- 3 Definições
- 4 Generalidades
- 5 Gráficos de controle por variáveis
- 6 Gráficos de controle por atributos
- 7 Interpretação dos gráficos de controle
- 8 Capacidade
- ANEXO A - Testes para determinação de causas especiais em gráficos de controle
- ANEXO B - Tabelas
- ANEXO C - Figuras

### 1 Objetivo

1.1 Esta Norma destina-se a servir de guia para a utilização do controle estatístico do processo por meio de gráficos.

1.2 Esta Norma se aplica para prevenção e detecção de problemas da qualidade durante o processo de fabricação, para apresentar informações essenciais sobre a qualidade final e como meio auxiliar para o julgamento do estado de controle alcançado. Faz referência, em particular, aos métodos de coletar, ordenar, registrar e analisar os dados de ensaios de uma forma planejada, para prevenção e detecção de desvios da qualidade causados por perturbações no processo.

### 2 Documentos complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

TB-298 - Estatística - Terminologia

BS 5703 - Guide to data analysis and quality control using cusum charts and tabulations

### 3 Definições

Os termos técnicos utilizados nesta Norma estão definidos de 3.1 a 3.3 e na TB-298.

#### 3.1 Causa comum

Fatores, geralmente numerosos e de importância individual relativamente pequena, inerentes ao processo, que contribuem para a variação deste processo de modo previsível, mas que não afetam a sua uniformidade.

#### 3.2 Causa especial

Fatores detectáveis e identificáveis que contribuem para a variação do processo de modo imprevisível e afetam a sua uniformidade.

#### 3.3 Capacidade do processo

Capacidade do processo produzir unidades do produto em conformidade com a especificação.

## 4 Generalidades

4.1 Todo processo apresenta variabilidade. As causas desta variabilidade podem ser de dois tipos:

- a) causas especiais;
- b) causas comuns.

4.2 Um processo é considerado sob controle estatístico quando todas as causas especiais foram eliminadas, apresentando somente causas comuns.

4.3 Uma causa especial pode ser atribuída à falta de uniformidade dos insumos que compõem o processo, quais sejam, matéria-prima, mão-de-obra, máquina, método, meio ambiente.

4.4 O controle estatístico do processo é uma técnica baseada na teoria estatística que tem como objetivos principais:

- a) eliminar as causas especiais;
- b) manter o processo sob controle estatístico detectando e eliminando o mais rápido possível novas causas especiais;
- c) evitar a produção de itens defeituosos;
- d) conhecer a variabilidade do processo.

4.5 Os dados de subgrupos devem ser registrados em um gráfico de controle que contém dois segmentos de retas paralelas horizontais, que determinam os limites de controle do processo, e um segmento de reta horizontal, que corresponde ao valor médio.

4.6 Os limites de controle do processo (LCP) são determinados considerando-se 3 desvios-padrão para o limite superior e -3 desvios-padrão para o limite inferior, em relação à média das medidas estatísticas definidas nesta Norma (ver 4.9).

4.7 Um ponto que caia fora dos limites de controle do processo indica a existência provável de uma causa especial.

4.8 Os limites de controle, em geral, não são utilizados para a verificação da qualidade individual da unidade do produto. Eles são aplicados normalmente à medida estatística de um subgrupo de unidades, sendo esta medida calculada a partir de observações feitas individualmente sobre as unidades do subgrupo.

4.9 As medidas de estatísticas comumente utilizadas são:

- a) medidas de posição
  - média ( $\bar{x}$ );
  - mediana ( $\tilde{x}$ );
- b) medidas de dispersão
  - desvio-padrão ( $s$ );
  - amplitude ( $R$ );

c) medidas de proporção

- fração defeituosa ( $p$ );
- defeitos por unidade ( $u$ );

d) medidas de quantidade

- número de defeituosas ( $np$ );
- número de defeitos ( $c$ ).

4.10 Os gráficos de controle, quanto às medidas da qualidade, podem ser:

- a) gráfico de controle por variáveis;
- b) gráfico de controle por atributos.

4.10.1 No gráfico de controle por variáveis, os pontos registrados representam as medidas de posição (média ou mediana) e as medidas de dispersão (desvio-padrão ou amplitude).

4.10.2 No gráfico de controle por atributos, os pontos registrados são medidas de proporção (fração defeituosa ou defeitos por unidade) ou medidas de quantidade (número de defeituosas ou número de defeitos).

4.11 Esta Norma abrange os seguintes tipos de gráficos de controle:

- a) por variável,
  - $\bar{x} - s$  (média e desvio-padrão);
  - $\bar{x} - R$  (média e amplitude);
  - $\tilde{x} - R$  (mediana e amplitude);
- b) por atributo,
  - $p$  (fração defeituosa);
  - $np$  (número de defeituosas);
  - $u$  (defeitos por unidade);
  - $c$  (número de defeitos).

4.12 Antes da introdução dos gráficos de controle, deve ser desenvolvido um sistema para obtenção dos dados, que é a base para a coleta, o registro e a representação gráfica das informações no gráfico de controle. Há casos, por exemplo, em que se torna necessário tomar uma decisão entre combinar dados de diferentes fontes ou então tratá-los em separado prevendo um gráfico de controle para cada um deles. Para qualquer critério adotado, é necessário que haja sempre compatibilidade entre o gráfico de controle e o processo de fabricação.

4.13 Normalmente, os subgrupos são retirados de forma racional em função do tempo. Entretanto, o método de gráficos de controle pode ser aplicado igualmente a divisões de subgrupos baseados em fatores técnicos que afetem a fabricação, tais como o operador, a máquina ou a matéria-prima.

4.14 Os dados de cada subgrupo devem ser retirados seqüencialmente sob condições similares, a fim de que as variações dentro de cada subgrupo tendam a refletir as variações de causas comuns, inerentes ao próprio processo. Com isso, o surgimento de uma causa especial pode ser facilmente identificado no subgrupo.

4.15 Normalmente, quando um gráfico de controle é implantado, os subgrupos são tomados com bastante freqüência. Após o processo ter alcançado o estado de controle estatístico e melhorias terem sido feitas, a freqüência de retirada dos subgrupos tende a diminuir consideravelmente.

4.16 Só se pode concluir a existência de um estado de controle estatístico, quando os pontos registrados no gráfico de controle, obtidos de, pelo menos, 25 subgrupos sucessivos, caíam dentro dos limites de controle e desde que não ocorram as ressalvas previstas no Anexo A.

4.17 Os valores das medidas de qualidade obtidos de cada um dos subgrupos amostrados são lançados no gráfico assim que determinados. Um ponto que caia fora dos limites de controle é tomado como indicador de uma provável presença de uma causa especial, a qual deve ser identificada imediatamente e eliminada. Através da repetição sistemática deste procedimento e com a tomada de providências para evitar novas ocorrências, pode-se chegar a um processo cada vez mais próximo do estado de controle estatístico.

4.18 Com novos dados obtidos, após as providências de melhoria do processo terem sido realizadas, os limites de controle devem ser atualizados periodicamente até que o estado de controle estatístico seja atingido, isto é, até que o processo esteja sujeito unicamente às variações de causa comum. Se for desejado, também podem ser feitos ajustes no posicionamento do processo.

4.19 Este contínuo ciclo de medição, controle, investigação e ação é a expressão prática do interminável melhoramento da eficiência do processo e a qualidade do produto, que é o objetivo do controle estatístico do processo.

4.20 Quando o estado de controle estatístico for atingido, não é possível obter um grau mais alto de uniformidade no processo, já que a única variação existente é a inerente a ele.

4.21 Somente quando o processo atingir o estado de controle estatístico e assim permanecer, é que se pode comparar a dispersão do processo com a tolerância de especificação do produto. Essa comparação vai determinar a capacidade do processo.

Nota: Os limites de especificação do produto não devem ser confundidos com os limites de controle do processo. Os primeiros servem para definir os valores extremos aceitáveis de uma característica de qualidade, a fim de garantir o correto desempenho da unidade individual do produto. Os limites de controle servem de guia para análise das variações existentes no processo.

4.22 Quando o estado de controle estatístico for atingido e parte do produto não estiver em conformidade com a especificação na característica de qualidade controlada, pode-se aplicar uma das seguintes ações corretivas:

- a) introduzir alterações básicas no processo de produção;

- b) alterar, se possível, os limites de especificação;

- c) proceder à retificação da qualidade à inspeção 100%.

4.23 A existência de um estado de controle estatístico apresenta as seguintes vantagens práticas:

- a) é possível se preverem parâmetros da população baseando-se nas informações obtidas em um certo número de itens da população;
- b) os dados das amostras do produto são mais confiáveis para o julgamento da qualidade; a amostra, os ensaios e, conseqüentemente, os custos de inspeção podem ser reduzidos;
- c) a porcentagem de itens que cai dentro dos limites de especificação pode ser prevista com mais alto grau de confiança;
- d) fornece uma base confiável para verificar a viabilidade de mudança dos limites de especificação;
- e) a aceitação de um produto pelo comprador pode ser baseada com segurança na evidência do controle do processo feito pelo fornecedor.

4.24 As informações a respeito do estado de controle estatístico podem ser desejadas por um comprador do produto interessado em reduzir ou eliminar sua inspeção realizada a cada remessa recebida.

## 5 Gráficos de controle por variáveis

### 5.1 Considerações gerais

5.1.1 Os gráficos de controle por variáveis são usados para controlar a variação do processo em casos onde a característica sob investigação é uma quantidade mensurável.

5.1.2 Os dados devem ser obtidos em subgrupos de tamanho constante, conforme indicado em 4.14. Recomenda-se que, para o gráfico de controle que utiliza a amplitude (R), a quantidade de itens do subgrupo não seja menor que 3 e maior do que 10.

5.1.3 A freqüência de retirada de cada um dos subgrupos depende das condições do próprio processo e de considerações de ordem econômica. Eles devem ser retirados de tal maneira que as variações havidas no processo com o tempo sejam rapidamente detectadas. Nos casos onde existe a variação sistemática em função do tempo, as causas potenciais desta variação podem ser detectadas pela retirada de subgrupos em intervalos regulares. Entretanto, é preciso tomar cuidado com este tipo de amostragem, pois está sujeito à influência causada, por exemplo, pelo conhecimento do instante da retirada do subgrupo, pelo operador.

5.1.4 Na implantação do gráfico de controle por variáveis, usualmente são retirados 25 subgrupos, cada um contendo cinco unidades produzidas consecutivamente. Com esses dados são calculadas as estimativas de dispersão e de posição do processo que são utilizadas no cálculo dos limites de controle (ver Tabela 1 do Anexo B).

5.1.5 Os limites de controle são calculados usando as fórmulas da Tabela 1 do Anexo B. As constantes  $A_1, A_2, \bar{A}_2, A_3, B_3, B_4, D_3$  e  $D_4$ , existentes nas fórmulas de cálculo dos limites de controle, são dependentes da quantidade de itens existentes em cada subgrupo e encontram-se na Tabela 2 do Anexo B.

5.1.6 As Figuras 1, 2 e 3 do Anexo C mostram exemplos de gráficos de controle por variáveis da média/desvio-padrão, média/amplitude e mediana/amplitude, respectivamente.

## 5.2 Gráficos de controle para médias móveis

5.2.1 Algumas vezes o processo apresenta uma tendência de mudança de localização da média em função do tempo. Quando esta situação existir, mais informações podem ser obtidas nos gráficos de controle que identificam essa tendência do processo. Tais gráficos de controle são conhecidos como gráficos de controle para médias móveis.

5.2.2 Na utilização dos gráficos de controle para médias móveis, os dados devem ser coletados num ciclo do processo, como por exemplo, entre trocas de ferramentas, e as médias dos subgrupos registradas graficamente. Desde que a medida de dispersão, calculada com os dados de cada subgrupo, esteja em estado de controle estatístico, as médias podem ser comparadas com os limites inclinados e equidistantes da linha estimativa da tendência das médias do processo. A estimativa da linha de tendência das médias do processo é feita normalmente através da reta de melhor ajuste entre os valores das médias registradas no gráfico. Os pontos registrados fora dos limites inclinados indicam a existência de uma variação de causa especial no processo.

5.2.3 Após um certo número de ciclos de operação do processo, cujos dados foram registrados no gráfico de controle para médias móveis, podem-se determinar os limites superior e inferior horizontais para controlar o processo. Quando a média móvel do subgrupo cai fora de um destes limites de controle horizontais, está indicando que o processo deve ser reajustado, isto é, é hora da ferramenta ser trocada e o gráfico de controle também deve ser reiniciado. Os limites horizontais, neste tipo de gráfico, não têm a finalidade de identificar a existência de uma variação devido a uma causa especial, mas sim de mostrar quando o processo precisa ser reajustado (ver Figura 4 do Anexo C).

5.2.4 O movimento médio da média ( $\Delta\bar{x}$ ) é o valor médio das diferenças entre as médias máximas ( $\bar{x}_{máx}$ ) e as médias mínimas ( $\bar{x}_{mín}$ ) para os ciclos do processo.

5.2.5 É essencial que o movimento médio da média ( $\Delta\bar{x}$ ) não seja maior que o exigido originalmente pelo processo para operar em níveis ótimos, tanto para a qualidade como para a produtividade. Minimizando-se a tendência do movimento das médias, podem-se obter melhoramentos na qualidade e produtividade reduzindo a quantidade de vezes que o processo precisa ser paralisado para reajustes.

## 5.3 Comparação entre os gráficos de controle por variáveis

5.3.1 O gráfico de controle da mediana é mais fácil de ser usado que o da média, principalmente quando o número de itens de cada subgrupo amostrado for ímpar, pois não há necessidade de se efetuarem cálculos como é o caso

da média. Além disso, no gráfico da mediana, os valores individuais são geralmente registrados graficamente e conseqüentemente a dispersão dos valores individuais é mais facilmente percebida, fornecendo uma melhor configuração do andamento do processo. Entretanto, a estimativa da média do processo, obtida do gráfico da mediana, é menos eficaz que a obtida no gráfico da média. Como resultado disso, o intervalo entre os limites de controle para a mediana é maior do que para a média, podendo com isso reduzir a eficiência do controle do processo.

5.3.2 O gráfico de controle da amplitude é mais fácil de ser usado que o do desvio-padrão que exige cálculos mais complexos. Entretanto, o desvio-padrão é um estimador mais eficiente da variabilidade do processo do que a amplitude, especialmente quando cada subgrupo amostrado tem um tamanho maior que 8. Em contraposição, o gráfico de controle do desvio-padrão é menos sensível em detectar variações devido a causas especiais quando um valor individual no subgrupo difere muito dos outros. O gráfico de controle do desvio-padrão, devido a sua complexidade, é utilizado somente para processos automatizados, porque todos os cálculos podem ser programados e efetuados automaticamente, enquanto que o gráfico da amplitude, devido à simplicidade de cálculo, tem-se tornado o método mais comum de medida da dispersão.

## 5.4 Gráficos de controle cumulativos

Os gráficos de controle cumulativos são utilizados para os casos onde precisam ser controladas pequenas mudanças no processo. Eles permitem detectar mais rapidamente o aparecimento de variações devido a causas especiais do que os gráficos de controle normais. Entretanto, a sua maior complexidade no preparo e utilização, em relação aos gráficos de controle usuais, torna o seu campo de aplicação restrito aos processos contínuos, onde o gráfico pode ser obtido por um computador ou pela própria máquina. Este tipo de gráfico de controle é apresentado na literatura especializada e normas estrangeiras (por exemplo, na BS 5703).

## 6 Gráficos de controle por atributos

6.1 Os gráficos de controle por atributos têm o seu maior campo de aplicação nas áreas de fabricação onde os dados coletados não são mensurados, seja pela própria natureza do processo (soldagem, galvanização, pintura, montagem, etc.), seja por fatores econômicos, por exemplo, o uso de calibradores passa-não-passa para controlar características de qualidade mensuráveis, no lugar de aparelhos de medição.

6.2 Esta Norma abrange quatro tipos de gráficos de controle por atributos:

- a) gráfico p (fração defeituosa);
- b) gráfico np (número de defeituosas);
- c) gráfico u (defeitos por unidade);
- d) gráfico c (número de defeitos).

6.3 Os limites de controle para os gráficos de controle por atributos são calculados de acordo com a Tabela 3 do Anexo B.

6.4 O gráfico de controle da fração defeituosa ( $p$ ) é usado para controlar o processo onde existe variação do tamanho dos subgrupos amostrados e quando for avaliada a fração defeituosa. Recomenda-se que, para um mesmo par de limites de controle, não haja uma variação do tamanho do subgrupo amostrado maior do que 25% em relação ao tamanho do subgrupo utilizado para o cálculo dos limites de controle. Caso esta variação exceda 25%, novos limites de controle devem ser calculados com base no tamanho deste novo subgrupo (ver Figura 5 do Anexo C).

6.5 O gráfico de controle do número de defeituosas ( $np$ ) é similar ao gráfico  $p$ . A única diferença é que os tamanhos dos subgrupos precisam ser constantes. Neste gráfico é registrado o número de defeituosas encontrado em cada subgrupo amostrado (ver Figura 6 do Anexo C).

6.6 O gráfico de controle do número de defeitos por unidade ( $u$ ) é usado para controlar o processo onde existe variação do tamanho dos subgrupos e quando for avaliado o número de defeitos por unidade. Como no gráfico ( $p$ ), recomenda-se que, para um mesmo par de limites de controle, não haja uma variação do tamanho do subgrupo amostrado maior do que 25% em relação ao tamanho do subgrupo utilizado para o cálculo dos limites de controle. Caso esta variação exceda 25%, novos limites de controle devem ser calculados com base no tamanho deste novo subgrupo (ver Figura 7 do Anexo C).

6.7 O gráfico de controle do número de defeitos ( $c$ ) é similar ao gráfico de controle ( $u$ ); a única diferença é que os tamanhos dos subgrupos precisam ser constantes. Neste gráfico é registrado o número total de defeitos encontrados em cada subgrupo amostrado (ver Figura 8 do Anexo C).

6.8 Como nos gráficos de controle por variáveis, os subgrupos amostrados devem ser retirados de tal maneira que as variações havidas no processo com o tempo sejam rapidamente detectadas. Cada um deles deve ser também obtido de tal forma que seja minimizada a possibilidade de variação devido a causas especiais dentro dele.

## 7 Interpretação dos gráficos de controle

7.1 No caso dos gráficos de controle por variáveis, são obtidos dois valores de cada subgrupo: um de posição ( $\bar{x}$  ou  $\pi$ ) e outro de dispersão ( $s$  ou  $R$ ). Estes valores são lançados em dois gráficos separados (de preferência numa mesma folha). Esse par de gráficos é analisado separada e conjuntamente, a fim de se auxiliar a dedução de quando as variações devido a causas especiais estão ou não afetando o processo.

7.1.1 O gráfico de controle relativo à dispersão permite verificar se a dispersão do processo é aceita como sendo estável. Para isso, é preciso que o valor da dispersão de cada um dos subgrupos amostrados esteja dentro dos limites de controle, isto é, que as medidas de dispersão de todos os subgrupos estejam em um estado de controle estatístico. Um ponto fora dos limites de controle mostra que uma variação devido a causas especiais provavelmente está presente e uma análise das causas deve ser feita imediatamente, a fim de restabelecer o estado de controle estatístico do processo.

7.1.2 O gráfico relativo à posição permite determinar se a

posição do processo está mudando com o tempo. Se o processo está em estado de controle estatístico, mudanças na posição da média representam a existência de variações devido a causas comuns inerentes ao próprio processo; entretanto, se as médias estiverem fora dos limites de controle, há uma indicação definida da existência de variações devido a causas especiais e que o processo está instável. Nestas circunstâncias, não se deve fazer um ajuste na posição do processo. É preciso antes restabelecer o estado de controle estatístico, eliminando a causa especial que provocou a variação no processo. Qualquer ajuste num processo instável pode aumentar o refugo produzido.

7.1.3 A existência de variações devido a causas especiais pode ser identificada pelos testes indicados no Anexo A.

7.1.3.1 A ocorrência das situações mostradas no Anexo A indica, em princípio, que o processo apresenta desvio ao longo do tempo, entretanto deve ser verificada a possibilidade de serem conseqüência de:

- a) cálculo ou registro gráfico errado do limite de controle ou do ponto que representa a variável de posição num subgrupo amostrado;
- b) cansaço do operador, mudança de turno, desgaste dos instrumentos de medição ou troca de inspetor, etc.

7.1.3.2 Os pontos fora dos limites de controle das variáveis de dispersão ( $s$  ou  $R$ ) indicam, em princípio, que a variabilidade do processo aumentou ou diminuiu. Entretanto, deve ser verificada a possibilidade de haver influência de:

- a) cálculo ou registro gráfico errado do limite de controle ou do ponto que representa a variável de dispersão num subgrupo amostrado;
- b) trocas de operador, mudança de turno, de instrumentos de medição ou de inspetor, etc.

7.1.3.3 Se os pontos registrados graficamente estiverem dentro dos limites de controle, mas a sua configuração indicar uma tendência a levá-los para fora dos limites de controle, deve ser feita uma investigação das causas dessa tendência. Algumas configurações, entretanto, podem ser benéficas, tanto para o processo como para o produto, e devem ser investigadas, não para serem eliminadas, mas para manter a melhoria conseguida. No caso de tendências sistemáticas numa direção crescente ou decrescente como, por exemplo, desgaste de ferramentas nas máquinas operatrizes, recomenda-se adotar o gráfico de médias móveis visto na Figura 4 do Anexo C.

## 8 Capabilidade

8.1 A capabilidade do processo é medida pela comparação do desempenho do processo com as especificações exigidas do produto, quando calculada com base em dados obtidos do processo no estado de controle estatístico durante um longo período de tempo.

8.2 A capabilidade do processo é medida por meio de dois índices: o  $C_p$  que leva em consideração a dispersão do processo e o  $C_{pk}$  que leva em consideração a posição do processo, ambos em relação aos limites de especificação.

8.3 O índice de capacidade do processo ( $C_p$ ) é determinado pela razão do valor da amplitude entre os limites de especificação para a dispersão do processo (ver Figura 9 do Anexo C). A dispersão do processo é normalmente fixada em seis vezes o desvio-padrão.

8.4 Em geral, o processo deveria estar centrado no valor nominal da especificação. Entretanto, isto pode não ser economicamente viável se os estudos de capacidade revelarem um índice de capacidade do processo menor que 1. Em contraposição, se o processo tiver um índice de capacidade maior que 1 e a sua média estiver descentralizada, o processo deve ser ajustado no valor nominal da especificação a fim de evitar o refugo.

8.4.1 A porcentagem de produtos sendo produzidos fora dos limites de especificação pode ser determinada pelo fator Z conforme Tabela 4 do Anexo B, e pelas seguintes fórmulas:

$$Z_s = \frac{\text{limite superior da especificação} - \bar{x}}{\frac{\text{dispersão}}{2}}$$

$$Z_i = \frac{\bar{x} - \text{limite inferior da especificação}}{\frac{\text{dispersão}}{2}}$$

Onde:

$Z_s$  = fator Z para o limite superior de especificação

$Z_i$  = fator Z para o limite inferior da especificação

$\bar{\bar{x}}$  = média das médias dos subgrupos amostrados considerados no estudo de capacidade

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{j=1}^k \bar{x}_j}{k}$$

k = número de subgrupos amostrados

8.4.2 Se o fator Z for menor que 1, a probabilidade da porcentagem de produtos fora do limite de especificação pode ser obtida na Tabela 4 do Anexo C.

8.4.3 O menor dos dois fatores Z, para uma determinada característica, é um índice de capacidade ( $C_{pk}$ ) que relaciona a capacidade do processo ao posicionamento do processo (ver Figura 9 do Anexo C).

8.5 Quando se está definindo a liberação de um processo ou uma máquina para produção de um determinado produto, o índice de capacidade potencial é estimado a grosso modo e calculado da mesma forma que o índice de capacidade do processo. Entretanto, ele só pode ser medido com maior precisão quando já se estiver operando com o processo em estado de controle estatístico.

8.6 Os estudos de capacidade potencial são, em geral, feitos em uma máquina nova ou processo que não produziu ainda dados suficientes para determinar se ele está ou não em estado de controle estatístico. As informações para esses estudos são obtidas em curto intervalo de tempo ou em auditorias, o que não permite prever o desempenho do processo a longo prazo. Por este motivo, o índice de capacidade potencial é geralmente fixado em 1,33, a fim de permitir as variações ao longo do tempo, não consideradas nestes estudos.

### ANEXO A - Testes para determinação de causas especiais em gráficos de controle

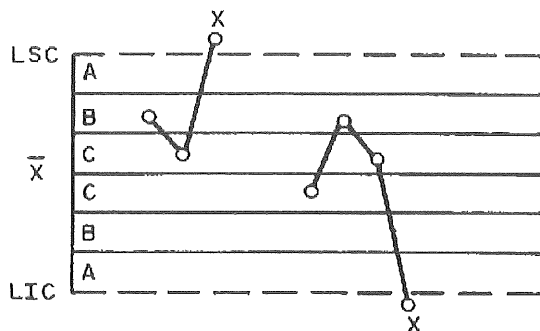
**A-1** Como indicado em 4.5, a forma mais usual de detectar a ocorrência de causas especiais é o registro de um ponto fora do par de limites determinados a uma distância de  $\pm 3$  desvios-padrão da variável sob estudo (ver teste 1 deste Anexo).

**A-2** Há, entretanto, outras formas de detectá-las, conforme mostrado nos testes 2 a 8 deste Anexo. Ao consultar os testes, deve-se observar que:

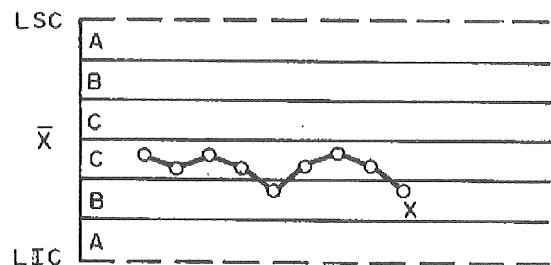
- estes testes são aplicáveis a gráficos de médias ( $\bar{X}$ ); pressupõe-se uma distribuição normal; os testes 1, 2, 5 e 6 devem ser aplicados às metades superior e inferior do gráfico separadamente; os testes 3, 4, 7 e 8 devem ser aplicados a todo o gráfico;
- os limites de controle superior e inferior estão dispostos a  $3\sigma$ , acima e abaixo da linha central; para a aplicação dos testes, o gráfico é dividido igualmente em 6 zonas, cada zona tendo uma largura de  $\sigma$ ; as zonas mais afastadas da linha central são chamadas de A, as intermediárias de B e as mais próximas de C;
- quando um processo está em estado de controle estatístico, para cada um destes testes, a chance de obter incorretamente um sinal da presença de uma causa especial é menor que 0,5%;
- sugere-se que os testes 1, 2, 3 e 4 sejam aplicados de forma rotineira pela pessoa que estiver plotando o gráfico; a probabilidade conjunta de obter um sinal falso a partir de um ou mais desses testes é de aproximadamente 1%;
- sugere-se que os quatro primeiros testes sejam

acrescidos dos testes 5 e 6 quando for economicamente desejável obter um aviso mais cedo; isto aumenta a probabilidade de um falso sinal para aproximadamente 2%;

- os testes 7 e 8 são testes diagnósticos quanto à estratificação e são muito úteis quando se está implantando um gráfico de controle; estes testes mostram quando as observações de um subgrupo foram tomadas de 2 (ou mais) fontes com médias diferentes; o teste 7 reage quando as observações no subgrupo sempre vêm de ambas as fontes, enquanto que o teste 8 reage quando os subgrupos são tirados de uma fonte de cada vez;
- sempre que a existência de uma causa especial for sinalizada por um teste, isto deve ser indicado no gráfico (por exemplo, como no teste 1, através de uma cruz abaixo ou acima do último ponto);
- os pontos podem contribuir para mais de um teste, entretanto nenhum ponto deve ser marcado por mais de uma cruz;
- a presença de um "x" indica que o processo não está sob controle estatístico, ou melhor, que o ponto é o último de uma seqüência de pontos (apenas 1, para o teste 1) que seria muito pouco provável de ocorrer se o processo estivesse sob controle estatístico;
- embora estes testes possam ser tomados como um conjunto básico, os analistas devem estar alertas para qualquer padrão de pontos que possa indicar influências de causas especiais no processo.

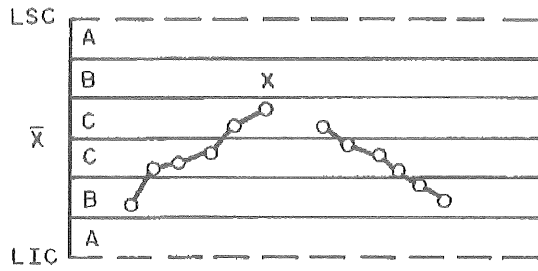


Teste 1 - Um ponto além da Zona A

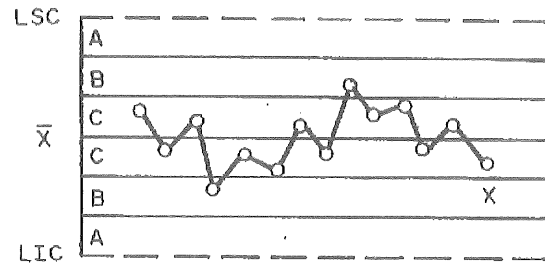


Teste 2 - Nove pontos seguidos na Zona C

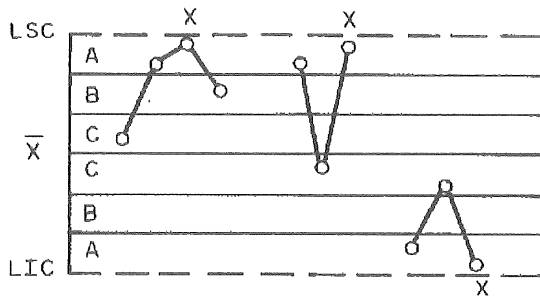




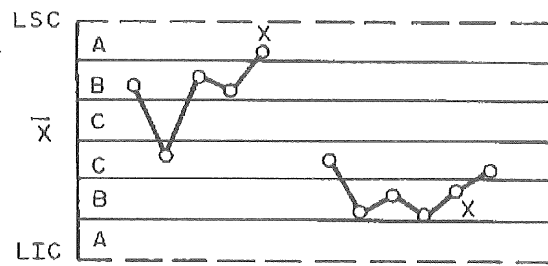
**Teste 3 - Seis pontos seguidos continuamente ascendentes ou descendentes**



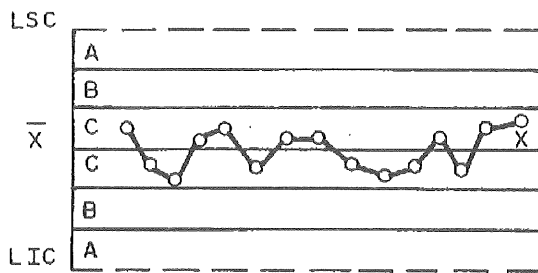
**Teste 4 - Quatorze pontos seguidos alternativamente para cima e para baixo**



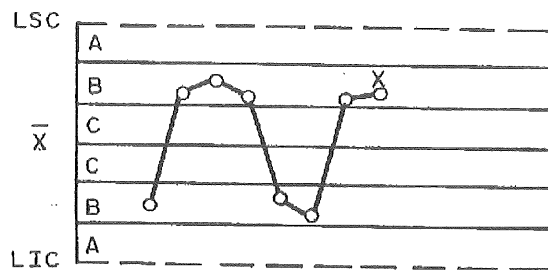
**Teste 5 - Dois entre três pontos seguidos na Zona A ou além**



**Teste 6 - Quatro entre cinco pontos seguidos na Zona B ou além**



**Teste 7 - Quinze pontos seguidos na Zona C (abaixo ou acima da linha central)**



**Teste 8 - Oito pontos seguidos em ambos os lados da linha central sem nenhum na Zona C**



ANEXO B - Tabelas

Tabela 1 - Fórmulas usadas para os cálculos dos limites de controle por variáveis

Gráfico e controle	Estimador de variabilidade do processo	Limites de controle	
		Medidas de posição	Medidas de dispersão
$\bar{x} - s$	$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$ $\bar{s} = \frac{\sum s_j}{k}$	$LSC = \bar{\bar{x}} + A_1 \bar{s}$ $LIC = \bar{\bar{x}} - A_1 \bar{s}$	$LSC = B_4 \bar{s}$
$\bar{x} - s$	$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$ $\bar{s} = \frac{\sum s_j}{k}$	$LSC = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s}$ $LIC = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s}$	$LIC = B_3 \bar{s}$
$\bar{x} - R$	$R_j = x_{j\max} - x_{j\min}$	$LSC = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$ $LIC = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$	$LSC = D_4 \bar{R}$
$\bar{x} - R$	$\bar{R} = \frac{\sum R_j}{k}$	$LSC = \bar{\bar{x}} + \bar{A}_2 \bar{R}$ $LIC = \bar{\bar{x}} - \bar{A}_2 \bar{R}$	$LIC = D_3 \bar{R}$

Notas: a) Para efeito de gráfico de controle é indiferente o uso das fórmulas

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad \text{ou} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

para o cálculo do desvio-padrão de cada subgrupo. As tendenciosidades provocadas pela utilização da primeira fórmula e pela determinação do desvio-padrão médio,

$\bar{s} = \frac{\sum s_j}{k}$  em relação ao desvio-padrão da população ( $\sigma$ ), já estão consideradas nas constantes  $A_1, A_2, B_3$  e  $B_4$

- b)  $k$  = número de subgrupos;  
 LSC = limite superior de controle;  
 LIC = limite inferior de controle.

Tabela 2 - Fatores usados nos cálculos dos limites de controle por variáveis

Tamanho do subgrupo n	Fatores										
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	$\bar{A}_2$	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>4</sub>
3	2,394	1,023	1,187	1,954	0	2,568	0	2,575	1,693	0,724	0,886
4	1,880	0,729	0,796	1,628	0	2,266	0	2,282	2,059	0,798	0,921
5	1,596	0,577	0,691	1,427	0	2,089	0	2,115	2,326	0,841	0,940
6	1,410	0,483	0,549	1,287	0,030	1,970	0	2,004	2,534	0,869	0,952
7	1,277	0,419	0,509	1,182	0,118	1,882	0,076	1,924	2,704	0,882	0,959
8	1,175	0,373	0,432	1,099	0,185	1,815	0,136	1,864	2,847	0,903	0,965
9	1,094	0,337	0,412	1,032	0,239	1,761	0,184	1,816	2,970	0,914	0,969
10	1,028	0,308	0,363	0,975	0,284	1,716	0,223	1,777	3,078	0,923	0,973
11	0,973			0,927	0,321	1,679				0,930	0,975
12	0,925			0,886	0,354	1,646				0,936	0,978
13	0,884			0,849	0,382	1,618				0,941	0,979
14	0,848			0,817	0,406	1,594				0,945	0,981
15	0,816			0,788	0,428	1,572				0,949	0,982
16	0,788			0,763	0,448	1,552				0,952	0,983

Nota: Valores de n maiores não são recomendados nesta Norma.

Tabela 3 - Fórmulas usadas para os cálculos dos limites de controle por atributos

Tipo de gráfico de controle	Valor registrado no gráfico	Média estimada do processo	Limites de controle	
			Superior	Inferior <sup>(A)</sup>
Fração defeituosa - Gráfico p	$p = \frac{d}{n}$	$\bar{p} = \frac{\sum d_j}{\sum n_j}$	$\bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}$	$\bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}$
Número de defeituosas - Gráfico np	np	$n\bar{p} = \frac{\sum d_j}{k}$	$n\bar{p} + 3 \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	$n\bar{p} - 3 \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$
Número de defeitos por unidade - Gráfico u	$u = \frac{c}{n}$	$\bar{u} = \frac{\sum c_j}{\sum n_j}$	$\bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$	$\bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$
Número de defeitos - Gráfico c	c	$\bar{c} = \frac{\sum c_j}{k}$	$\bar{c} + 3 \sqrt{\bar{c}}$	$\bar{c} - 3 \sqrt{\bar{c}}$

<sup>(A)</sup> Algumas vezes no cálculo do limite inferior de controle é obtido um valor negativo. Neste caso, o limite inferior de controle é igual a zero.

Notas: a) c = número de defeitos encontrado em cada subgrupo;

b) d = número de defeituosas encontrado em cada subgrupo;

c) n = número de unidades existentes em cada subgrupo amostrado;

d)  $\bar{n} = \frac{\sum n_j}{k}$  = média dos tamanhos dos subgrupos amostrados e considerada para o cálculo;

e) k = número de subgrupos amostrados considerado para o cálculo.

Tabela 4 - Porcentagem de unidades fora do limite superior ou inferior da especificação

$Z_u$ ou $Z_l$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	50,0	48,8	47,6	46,4	45,2	44,4	42,9	41,7	40,5	39,4
0,1	38,2	37,1	35,9	34,8	33,7	32,6	31,6	30,5	29,5	28,4
0,2	27,4	26,4	25,5	24,5	23,6	22,7	21,8	20,9	20,1	19,2
0,3	18,4	17,6	16,9	16,1	15,4	14,7	14,1	13,4	12,7	12,1
0,4	11,5	10,9	10,4	9,9	9,3	8,9	8,4	7,9	7,5	7,1
0,5	6,7	6,3	5,9	5,6	5,3	5,0	4,7	4,4	4,1	3,8
0,6	3,6	3,4	3,1	2,9	2,7	2,6	2,4	2,2	2,1	1,9
0,7	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9
0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
0,9	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0

Notas:

$$a) Z_u = \frac{\text{limite superior da especificação} - \bar{x}}{\text{dispersão} / 2}$$

$$b) Z_l = \frac{\bar{x} - \text{limite inferior da especificação}}{\text{dispersão} / 2}$$

$$c) \text{dispersão} = \frac{6\bar{s}}{c_2} \quad \text{ou} \quad \frac{6\bar{s}}{c_4} \quad \text{ou} \quad \frac{6\bar{R}}{d_2}; \text{ use } c_2 \text{ se}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad \text{ou} \quad c_4 \text{ se } s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

d)  $c_2, c_4, d_2$  estão na Tabela 2.

/ANEXO C

ANEXO C - Figuras

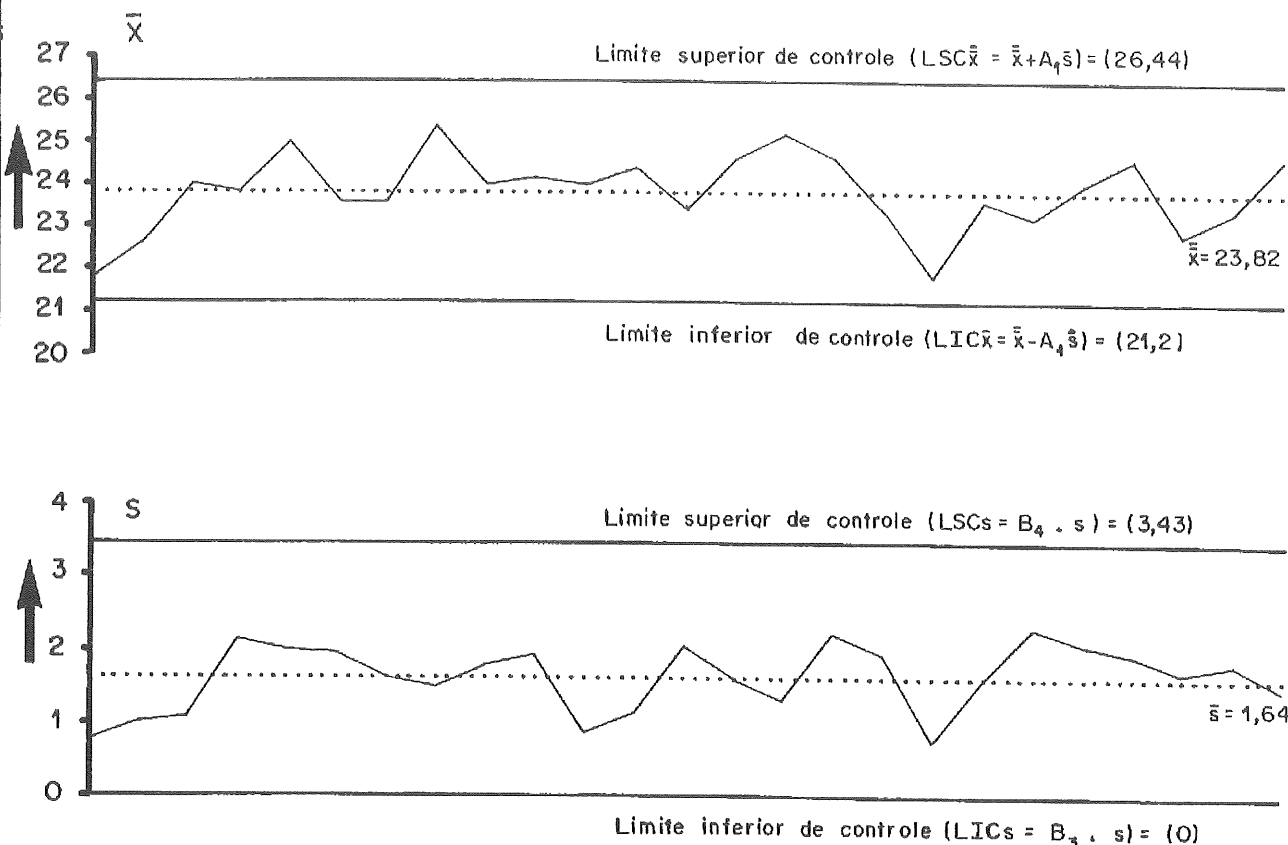
Valores medidos

Subgrupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Dados de cada subgrupo	23	23	26	21	28	23	22	24	26	26	23	25	21	24	23	23	20	22	23	20	22	28	25	21	22
	21	22	22	27	26	27	22	26	25	26	25	24	26	23	25	21	23	22	22	21	26	25	23	25	26
	22	23	24	22	24	24	26	28	25	26	25	26	25	26	27	27	24	21	26	25	25	24	24	26	26
	22	21	24	25	25	23	25	24	23	23	23	23	21	23	26	26	24	23	25	24	21	22	20	23	25
	21	24	25	24	22	21	23	25	21	21	24	23	24	27	25	26	26	21	22	26	26	24	22	22	24
$\bar{x}$	21,8	22,6	24,0	23,8	25,0	23,6	23,6	25,4	24,0	24,2	24,0	24,2	23,4	24,6	25,2	24,6	23,4	21,8	23,6	23,2	24,0	24,6	22,8	23,4	24,6
s	0,75	1,02	1,10	2,14	2,00	1,96	1,62	1,50	1,79	1,94	0,89	1,17	2,06	1,62	1,33	2,24	1,96	0,75	1,62	2,32	2,10	1,96	1,72	1,85	1,50

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{k} = 23,82$$

$$\bar{s} = \frac{\sum s}{k} = 1,64$$

k = 25 subgrupos



Nota: Os valores de  $A_1$ ,  $B_3$  e  $B_4$  são obtidos na Tabela 2.

Figura 1 - Gráfico de controle por variáveis ( $\bar{x} - s$ )

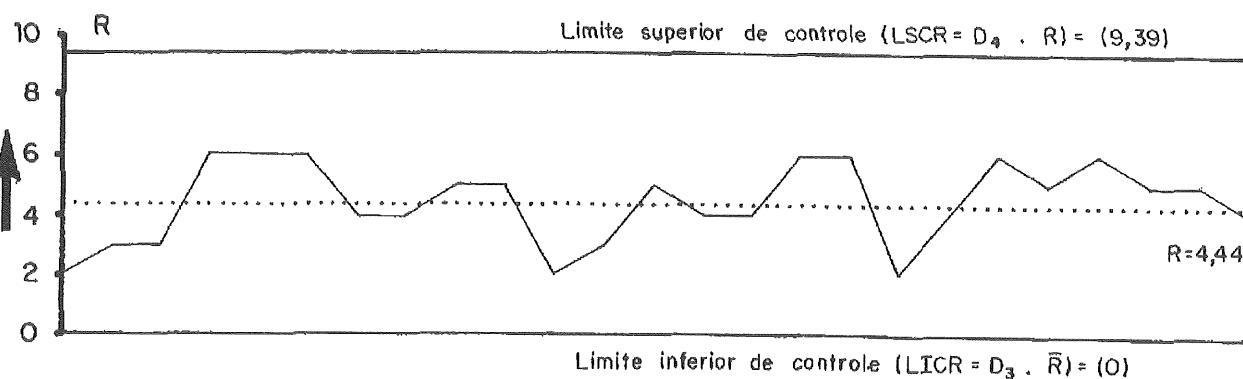
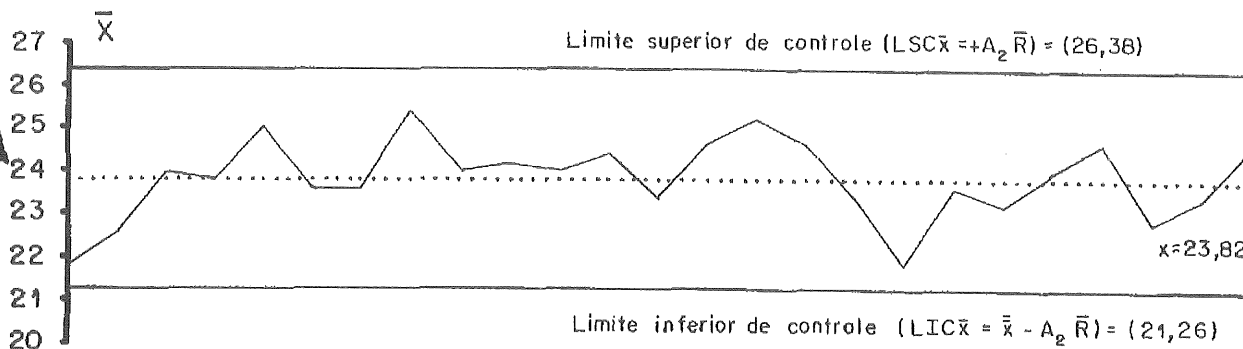
Valores medidos

Subgrupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Dados de cada subgrupo	23	23	25	21	28	23	22	24	26	25	23	25	21	24	23	23	20	22	23	20	22	28	25	21	22
	21	22	22	27	26	27	22	26	25	26	25	24	26	23	25	21	23	22	22	21	26	25	23	25	26
	22	23	24	22	24	24	26	28	25	26	25	26	25	26	27	27	24	21	26	25	25	24	24	26	26
	22	21	24	25	25	23	25	24	23	23	23	23	21	23	26	26	24	23	25	24	21	22	20	23	25
	21	24	25	24	22	21	23	25	21	21	24	23	24	27	25	26	26	21	22	26	26	24	22	22	24
$\bar{x}$	21,8	22,6	24,0	23,8	25,0	23,6	23,6	25,4	24,0	24,2	24,0	24,2	23,4	24,6	25,2	24,6	23,4	21,8	23,6	23,2	24,0	24,6	22,8	23,4	24,6
R	2	3	3	6	6	6	4	4	5	5	2	3	5	4	4	6	6	2	4	6	5	6	5	5	4

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{k} = 23,82$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = 4,44$$

k = 25 subgrupos



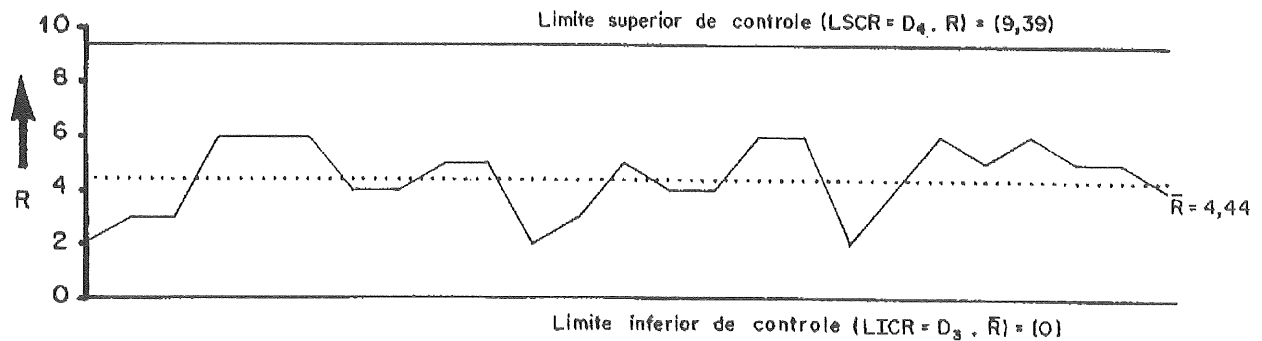
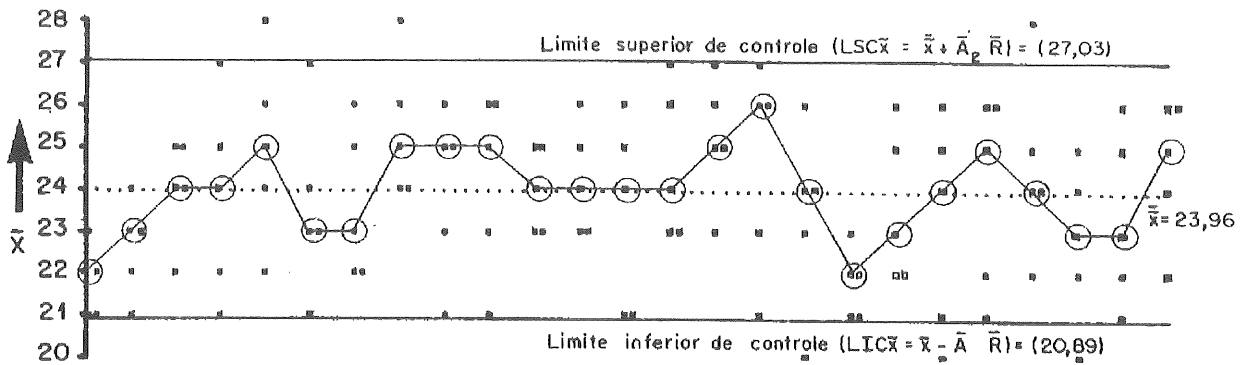
Nota: Os valores de  $A_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$  são obtidos na Tabela 2.

Figura 2 - Gráfico de controle por variáveis ( $\bar{x}$ , R)

Valores medidos

Subgrupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Dados de cada subgrupo	23	23	25	21	28	23	22	24	26	25	23	25	21	24	23	23	20	22	23	20	22	28	25	21	22
	21	22	22	27	26	27	22	26	25	26	25	24	26	23	25	21	23	22	22	21	26	25	23	25	26
	22	23	24	22	24	24	26	28	25	26	25	26	25	26	27	27	24	21	26	25	25	24	24	26	26
	22	21	24	25	25	23	25	24	23	23	23	23	21	23	26	26	24	23	25	24	21	22	20	23	25
	21	24	25	24	22	21	23	25	21	21	24	23	24	27	25	26	26	21	22	26	26	24	22	22	24
$\bar{x}$	22	23	24	24	25	23	23	25	25	25	24	24	24	24	25	26	24	22	23	24	25	24	23	23	25
R	2	3	3	6	6	6	4	4	5	5	2	3	5	4	4	6	6	2	4	6	5	6	5	5	4

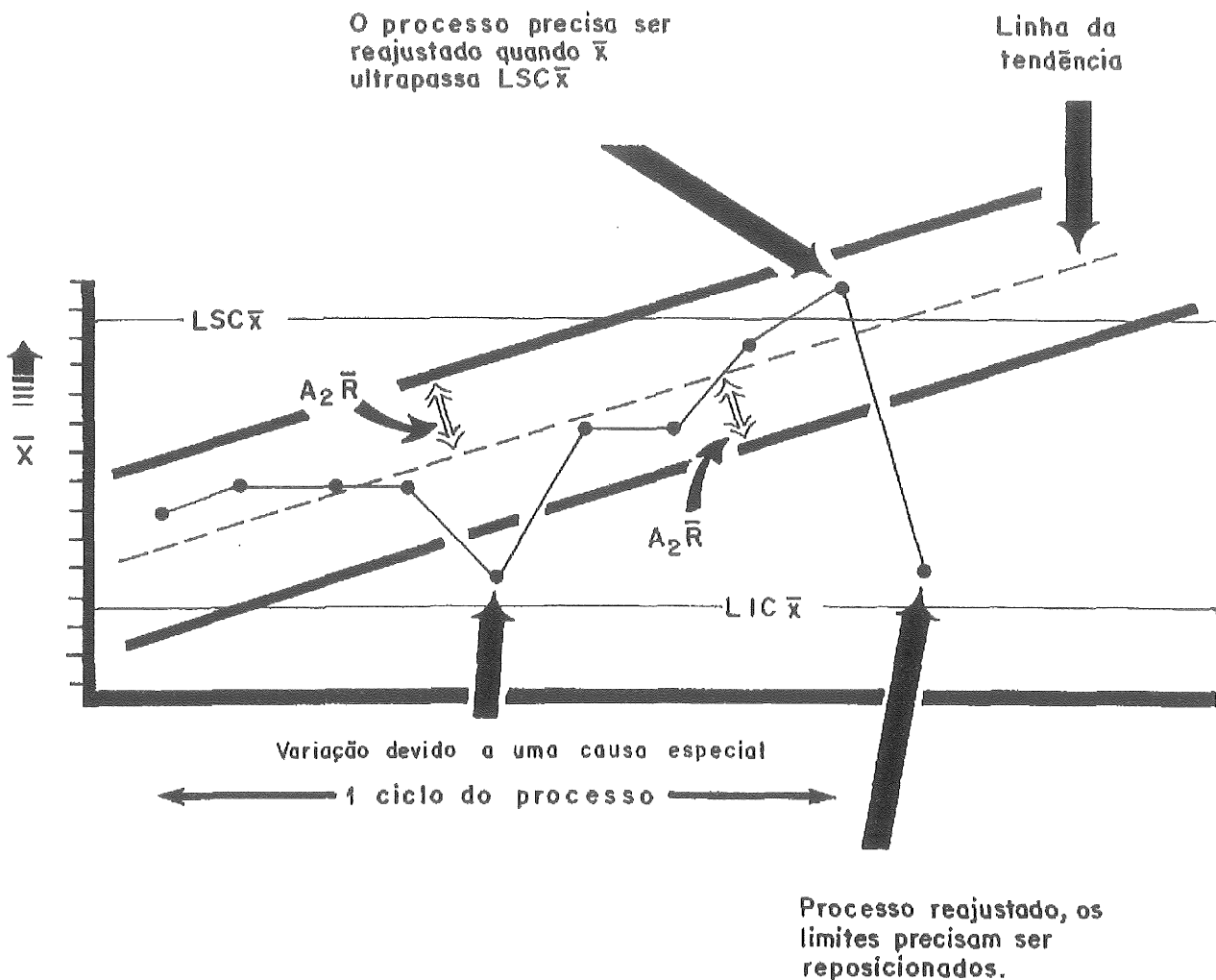
$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{k} = 23,96$ 
 $\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = 4,44$ 
k = 25 subgrupos



Nota: Os valores de  $A_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$  são obtidos na Tabela 2.

Figura 3 - Gráfico de controle por variáveis ( $\bar{x}$  - R)





$$LSC \bar{x} = \bar{x} + A \bar{R} + 0,5 \Delta \bar{x}$$

$$LIC \bar{x} = \bar{x} - A \bar{R} - 0,5 \Delta \bar{x}$$

$\bar{x}$  = diferença entre a média máxima ( $\bar{x}$  máx.) e a média mínima ( $x$  mín.) em cada ciclo do processo.

$\bar{R}$  é a amplitude média.  $A$  está tabela na Tabela 2

$$\Delta \bar{x} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n}{m}$$

$m$  = número de ciclos considerados

Figura 4 - Gráfico de controle por variáveis ( $\bar{x}$  - R) com médias móveis

Fração defeituosa (p)

Seqüência do grupo j	Tamanho n <sub>j</sub>	Quantidade defeituosa d <sub>j</sub>	Fração defeituosa p <sub>j</sub>	Cálculo dos limites de controle
1	240	7	0,0292	LSC = 0,02180 + 3 $\sqrt{\frac{0,02180 \times 0,9782}{250}}$ = 0,04951
2	246	9	0,0366	
3	250	5	0,0200	LIC = 0,02180 - 3 $\sqrt{\frac{0,02180 \times 0,9782}{250}}$ = -0,0591 LIC = 0
4	400	8	0,0200	LSC = 0,02180 + 3 $\sqrt{\frac{0,02180 \times 0,9782}{400}}$ = 0,04370
5	390	8	0,0205	
6	400	9	0,0225	LIC = 0,02180 - 3 $\sqrt{\frac{0,02180 \times 0,9782}{400}}$ = -0,00010 LIC = 0
7	250	6	0,0240	LSC = 0,02180 + 3 $\sqrt{\frac{0,02180 \times 0,9782}{250}}$ = 0,04951
8	250	4	0,0160	LIC = 0,02180 - 3 $\sqrt{\frac{0,02180 \times 0,9782}{250}}$ = -0,0591 LIC = 0
9	500	10	0,0200	LSC = 0,02180 + 3 $\sqrt{\frac{0,02180 \times 0,9782}{500}}$ = 0,04139
10	510	9	0,0176	
11	500	15	0,0300	
12	480	6	0,0125	
13	510	7	0,0137	
14	500	8	0,0160	LIC = 0,02180 - 3 $\sqrt{\frac{0,02180 \times 0,9782}{500}}$ = 0,00221

/continua

/continuação

Seqüência do grupo j	Tamanho nj	Quantidade defeituosa dj	Fração defeituosa pj	Cálculo dos limites de controle
15	300	6	0,0200	$LSC = 0,02180 + 3 \sqrt{\frac{0,02180 \times 0,9782}{300}} = 0,04709$
16	330	3	0,0091	
17	290	9	0,0310	
18	310	12	0,0387	
19	315	6	0,0190	
20	300	7	0,0233	$LIC = 0,02180 - 3 \sqrt{\frac{0,02180 \times 0,9782}{300}} = -0,00349 \text{ LIC} = 0$
21	400	9	0,0225	$LSC = 0,02180 + 3 \sqrt{\frac{0,02180 \times 0,9782}{400}} = 0,04370$
22	410	8	0,0195	
23	390	13	0,0333	
24	395	9	0,0228	
25	400	9	0,0225	$LIC = 0,02180 - 3 \sqrt{\frac{0,02180 \times 0,9782}{400}} = -0,00010 \text{ LIC} = 0$

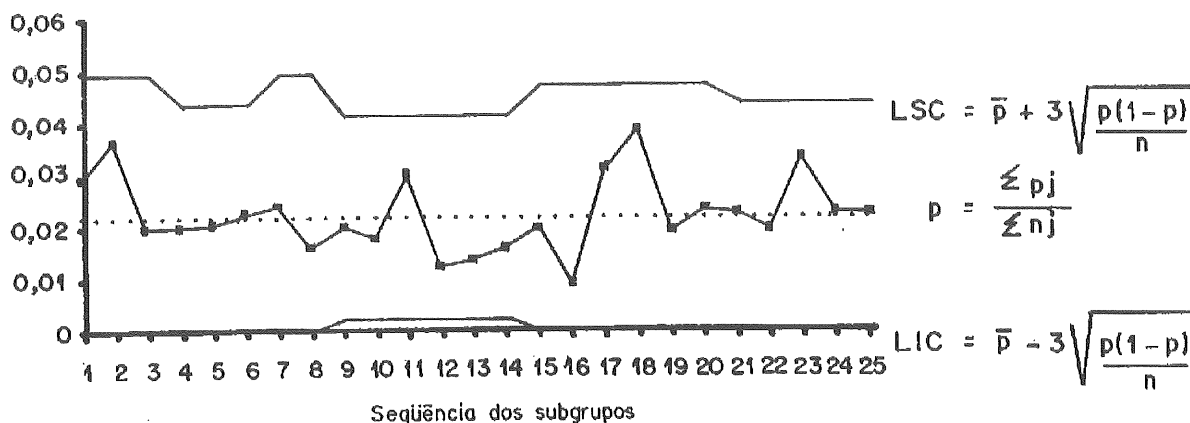


Figura 5 - Gráfico de controle por atributos - Fração defeituosa (p)

Número de defeituosas (np)

Seqüência do subgrupo j	Tamanho nj	Quantidade defeituosa dj	Cálculos dos limites de controle
1	400	9	$LSC = \bar{np} + 3 \sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} = 4,16 + 3 \sqrt{4,16(1-0,0104)} = 10,25$
2	400	6	
3	400	3	$LIC = \bar{np} - 3 \sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} = 4,16 - 3 \sqrt{4,16(1-0,0104)} = -1,93$
4	400	5	
5	400	1	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">                     LSC = 10,25                      LIC = 0                 </div>
6	400	2	
7	400	0	
8	400	3	
9	400	2	
10	400	3	
11	400	5	
12	400	2	
13	400	3	
14	400	7	
15	400	7	$\bar{p} = \frac{\sum dj}{\sum nj} = \frac{104}{10000} = 0,0104$
16	400	1	ou $\bar{np} = 400 \times \frac{104}{10000} = 4,16$
17	400	6	
18	400	3	
19	400	10	
20	400	6	
21	400	8	
22	400	5	
23	400	6	
24	400	3	
25	400	3	
	10000	104	

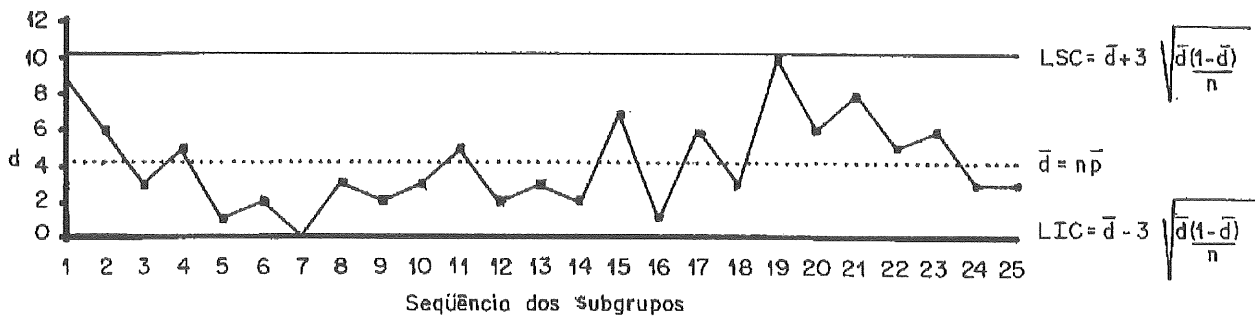


Figura 6 - Gráfico de controle por atributos - Número de defeituosas (np)

Número de defeitos por unidade ( $\mu$ )

Seqüência do subgrupo j	Tamanho n <sub>j</sub>	Quantidade de defeitos c <sub>j</sub>	Defeitos por unidade u <sub>j</sub>	Cálculo dos limites de controle
1	40	105	2,625	$LSC = u + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 2,579 + 3 \sqrt{\frac{2,579}{40}} = 3,34078$
2	35	100	2,857	
3	38	97	2,553	
4	40	98	2,450	$LIC = u - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 2,579 - 3 \sqrt{\frac{2,579}{40}} = 1,81724$
5	20	45	2,250	$LSC = 2,579 + 3 \sqrt{\frac{2,579}{20}} = 3,65629$
6	18	52	2,889	
7	22	44	2,000	
8	20	50	2,500	$LIC = 2,579 - 3 \sqrt{\frac{2,579}{20}} = 1,50171$
9	35	94	2,686	$LSC = 2,579 + 3 \sqrt{\frac{2,579}{35}} = 3,39335$
10	30	95	3,167	
11	32	80	2,500	
12	36	85	2,361	
13	34	88	2,588	
14	35	70	2,000	$LIC = 2,579 - 3 \sqrt{\frac{2,579}{35}} = 1,76465$
15	50	125	2,500	$LSC = 2,579 + 3 \sqrt{\frac{2,579}{50}} = 3,26034$
16	45	138	3,067	
17	47	131	2,787	
18	45	119	2,644	
19	50	113	2,260	
20	46	129	2,804	
21	50	114	2,280	$LIC = 2,579 - 3 \sqrt{\frac{2,579}{50}} = 1,89766$

/continuação

Seqüência do subgrupo j	Tamanho n <sub>j</sub>	Quantidade de defeitos c <sub>j</sub>	Defeitos por unidade u <sub>j</sub>	Cálculo dos limites de controle
22	25	58	2,320	$LSC = 2,579 + 3 \sqrt{\frac{2,579}{25}} = 3,54256$
23	22	63	2,864	
24	23	60	2,609	
25	22	65	2,955	$LIC = 2,579 - 3 \sqrt{\frac{2,579}{25}} = 1,61544$

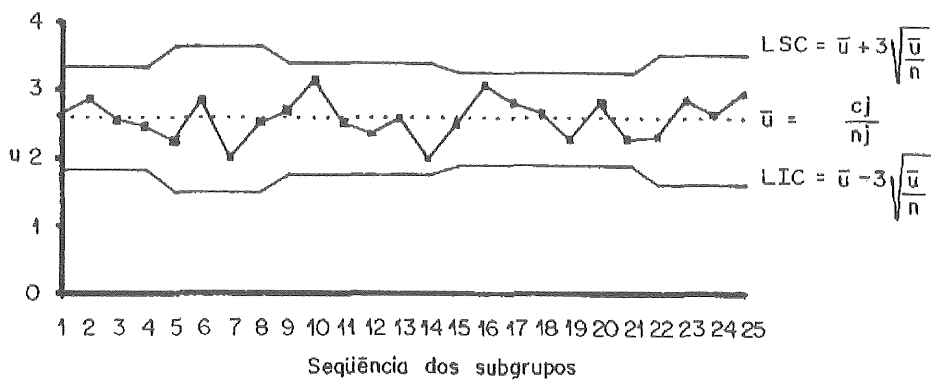


Figura 7 - Gráfico de controle por atributos - Número de defeitos por unidade (u)

Número de defeitos (c)

Seqüência do subgrupo j	Tamanho do subgrupo n <sub>j</sub>	Quantidade defeituosa c <sub>j</sub>	Cálculo dos limites de controle
1	20	53	$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 48,84 + 3\sqrt{48,84} = 69,81$
2	20	50	
3	20	48	$LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 48,84 - 3\sqrt{48,84} = 27,87$
4	20	49	
5	20	45	$\bar{c} = \frac{\sum c_j}{k} = \frac{1221}{25} = 48,84$
6	20	52	
7	20	44	
8	20	50	
9	20	53	
10	20	51	
11	20	46	
12	20	48	
13	20	50	
14	20	40	
15	20	50	
16	20	55	
17	20	53	
18	20	48	
19	20	45	
20	20	51	
21	20	46	
22	20	44	
23	20	50	
24	20	48	
25	20	52	
Σ	500	1221	

Nota: k = número de subgrupos.

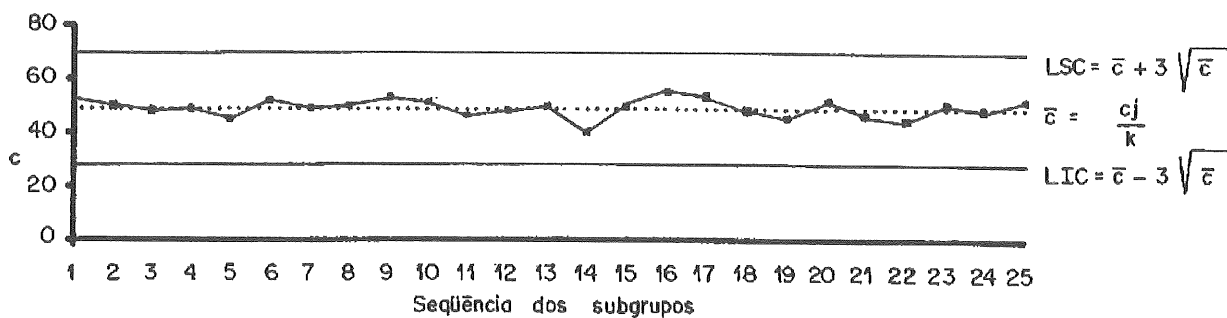
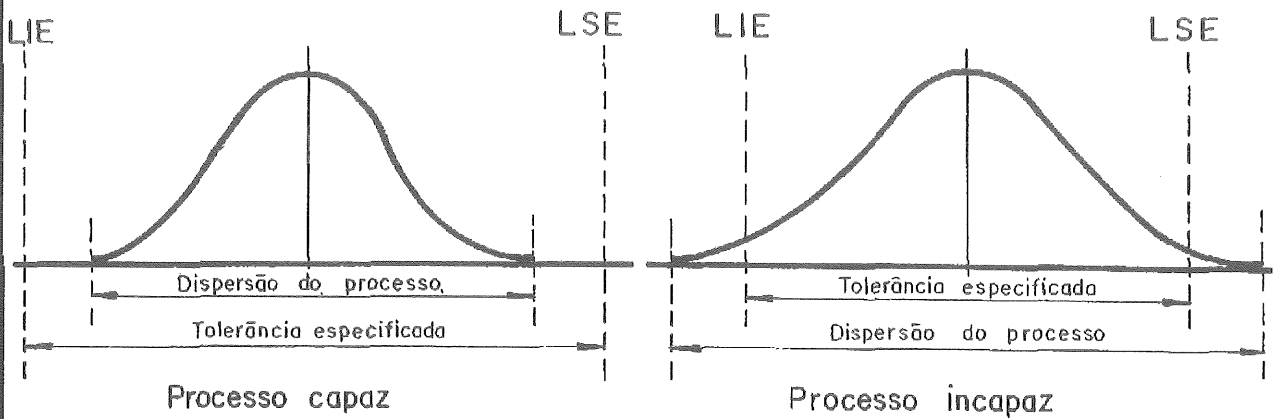


Figura 8 - Gráfico de controle por atributos - Número de defeitos (c)

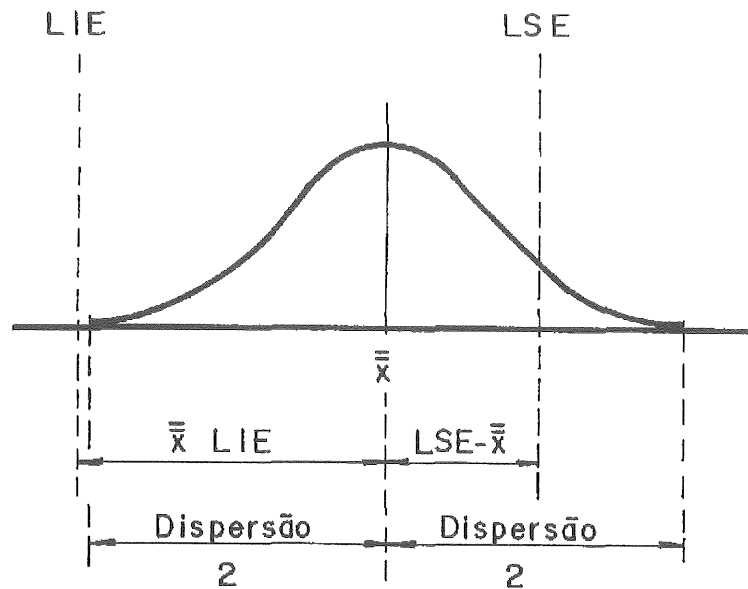




$$C_p = \frac{LSE - LIE}{\text{Dispersão do processo}} \geq 1$$

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{\text{Dispersão do processo}} < 1$$

Posicionamento do processo



$$Z_l = \frac{\bar{x} - LIE}{\text{Disp}/2}$$

$$Z_s = \frac{LSE - \bar{x}}{\text{Disp}/2}$$

$$Z_s < Z_l \rightarrow Z_s = C_{pk}$$

Figura 9 - Índices de capabilidade do processo