

# Índices de Capabilidade do Processo (Cp, CpK)

Fonte: [http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos\\_port/pag\\_conhec/capabilidadev4.html](http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/capabilidadev4.html)

**Responsáveis:** Daniel Capaldo Amaral; Henrique Rozenfeld

Envie comentários ou sugestões para o(s) responsável(is)

## Conceitos Basicos

Fontes: IQA(1997) (vide informações adicionais)

### Introdução

Os índices e taxas que medem a capacidade, ou seja, a capacidade de um dado processo fabricar produtos dentro da faixa de especificação, surgiram dos estudos sobre Controle Estatístico de Processo (CEP) realizados pelo Dr. Walter Shewhart do Bell Laboratories na década de 20. Seu surgimento se confunde com o próprio nascimento da área de qualidade. É que o trabalho inicial realizado no Bell Laboratories foi a base das principais técnicas e ferramentas que fariam nascer nas empresas americanas os departamentos de qualidade durante a segunda guerra.

Outro subproduto destas técnicas foi também o surgimento da American Society for Quality Control - ASQC (hoje denominada ASQ) . Acontecimento que também é um marco no nascimento da área de estudo e de atuação profissional de qualidade. Assim, o Controle Estatístico de Processo é uma das ferramentas mais clássicas na área de qualidade e com certeza uma das mais comprovadas e empregadas no meio prático. Desde seu surgimento tem sido aplicada aos mais diversos processos, situações e regiões em todo o mundo. Há também um grande conhecimento acumulado sobre sua aplicação, principais benefícios e restrições.

O objetivo do controle estatístico do processo é aprimorar e controlar o processo produtivo por meio da identificação das diferentes fontes de variabilidade do processo. Utilizando conceitos de estatística procura-se separar os efeitos da variabilidade causada pelas chamadas Causas Comuns , ou seja, àquelas inerentes à natureza do processo produtivo, das Causas Especiais , ou àquelas derivadas da atuação de variáveis específicas e controláveis sobre o processo. A técnica é composta de uma ferramenta principal denominada Gráficos de Controle que permite identificar se o processo está sob controle estatístico, situação em que atuariam somente causas comuns.

O controle estatístico é implantado por meio de um ciclo em que coleta-se dados do processo, monitora-se sua situação (verificando se o mesmo permanece sob controle estatístico) e posteriormente realizam-se análises e propostas de melhorias para atingir patamares melhores de desempenho. Os índices de capacidade podem ser obtidos diretamente dos dados registrados nas cartas de controle e medem, para um processo sob controle estatístico, a

relação entre a faixa de tolerância especificadas para uma dada característica de projeto do produto e a variabilidade natural do processo produtivo destinado a obtenção daquela característica (a variabilidade devida as causas comuns). Se a variabilidade do processo é muito maior ultrapassando os limites de especificação é possível estimar a probabilidade de produção de peças fora da especificação. Se esta probabilidade é muito alta pode-se inferir que o processo não é capaz de produzir àquela característica mesmo que peças conformes possam estar sendo obtidas. Mudanças significativas neste processo ou mesmo a adoção de processos alternativos podem então ser necessárias para tornar este processo capaz estatisticamente.

Estes índices são de extrema importância para o profissional que trabalha no desenvolvimento de produto por duas grandes razões. Nas fases iniciais de projeto, a avaliação de séries históricas dos índices de capacidade obtidos de peças similares pode permitir que os processistas e projetistas escolham processos e especificações dos produtos coerentemente adequadas, garantindo a obtenção de características do produto por meio de processos altamente capazes estatisticamente. Outra importante aplicação destes índices no desenvolvimento de produto é durante a homologação do processo. Nesta etapa os índices podem ser utilizados para avaliar a capacidade do processo, identificando processos problemáticos à tempo de correções antes da entrada em linha de produção.

## Índices e Taxas de Capacidade de Processo

Abaixo apresenta-se os índices de capacidade apresentados por IQA(1997). Além destes existe uma grande quantidade de índices propostos na literatura para as mais diversas aplicações.

### Índices

**Capacidade (Cp) (Conhecido como Capacidade de Máquina) :** Definido como o intervalo de tolerância dividido pela capacidade do processo, ou seja, 6 vezes o desvio padrão estimado considerando a ausência de causas especiais. Ele é independente da centralização do processo o desvio padrão é estimado considerando processos estáveis;

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}_{R/d2}}$$

**Desempenho (Pp):** Intervalo de tolerância dividido pelo desempenho do processo, ou seja, pelo desvio padrão estimado pelas leituras individuais. Também independentemente da centralização.

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

**Superior de Capabilidade (CPU)** : variação superior da tolerância dividida por 3 vezes o desvio padrão estimado pela capabilidade do processo.

$$CPU_p = \frac{LSE - \bar{X}}{3\hat{\sigma}_s}$$

**Inferior de Capabilidade (CPL)**: variação inferior da tolerância dividida pela dispersão superior real do processo.

$$CPL = \frac{\bar{X} - LIE}{3\hat{\sigma}_s}$$

**Capabilidade (Cpk)**: é o índice que leva em conta a centralização do processo e é definido como o mínimo entre CPU e CPL.

### Taxas

**Taxa de Capabilidade (CR)**: é inverso de Cp. É igual a 1/Cp;  
**Taxa de Desempenho (Pp)**: é o inverso de Pp. É igual a 1/Pp;

### Etapas básicas para a medição de Capabilidade de Processo

São basicamente duas as etapas para a condução de um estudo de capabilidade do processo:

1. **Verificação do Controle Estatístico do Processo**: nesta etapa são preparados os gráficos de controle para a coleta de dados (sem os limites) e estes são entregues para a produção. Estes dados são então levantados e a partir de uma análise gráfica (ou mesmo utilizando testes estatísticos) verifica-se a existência de causas especiais atuando no processo. Se existirem causas especiais atuando deve-se identificá-las e eliminá-las até que o processo esteja sobre controle estatístico.

2. **Avaliação dos Índices:** uma vez garantido o controle estatístico do processo identifica-se todos os dados que compõem o período sobre controle do processo. Estes dados são então utilizados para a geração dos índices.

## **Análise da Capabilidade de Processo na FIM**

No processo de desenvolvimento de produto da FIM o estudo de capabilidade do processo é utilizado durante a fase de homologação do produto. Empregase para os cálculos uma ferramenta computacional. [Clique aqui para alguns resultados](#)

## **Glossário**

Estes itens do glossário são parte do glossário do manual de Controle Estatístico do Processo (CEP) da QS 9000, que é extremamente interessante e detalhado. São apresentados aqui definições dos conceitos principais:

- **Aleatoriedade:** uma condição na qual os valores individuais não são previsíveis, apesar deles poderem vir de uma distribuição definível;
- **Amostra:** nome dado ao subgrupo, ou seja, um ou mais eventos ou medições utilizados para analisar o desempenho de um processo;
- **capabilidade de processo:** faixa total de variação inerente de um processo estável;
- **Carta de controle:** uma representação gráfica de uma característica de um processo, mostrando os valores de alguma estatística obtida daquela característica, uma linha central, e um ou dois limites de controle;
- **Limites de Controle:** uma linha ou linhas em uma carta de controle utilizada como uma base para julgar a estabilidade do processo. A variação além de um limite de controle é evidência de que causas especiais estão afetando o processo. Limites de controle são calculados a partir dos dados do processo e não devem ser confundidos com as especificações de engenharia;
- **Causa Comum:** fonte de variação que afeta todos os valores individuais do resultado do processo sendo estudado; na análise da carta de controle ele representa parte da variação aleatória do processo;
- **Causa Especial:** fonte de variação que é intermitente, freqüentemente imprevisível e instável às vezes chamado de causa assinalável . É sinalizado a partir de um ponto além dos limites de controle ou uma seqüência ou outro padrão não aleatório de pontos dentro dos limites de controle;
- **Controle Estatístico:** condição descrevendo um processo do qual todas as causas especiais de variação tenham sido eliminadas, restando apenas as causas comuns, i.e., a variação observada pode ser atribuída a um sistema constante de causas ocasionais; evidenciada numa carta

de controle pela ausência de pontos além dos limites de controle e pela ausência de padrões não-aleatórios ou tendências dentro dos limites de controle;

- **Desempenho de processo:** faixa total da variação global do processo ( $6\sigma$ );
- **Desvio-padrão:** uma medida da dispersão do resultado do processo ou a dispersão de uma estatística amostral do processo (ex. de médias de subgrupos); denotado pela letra grega  $\sigma$  (sigma), ou a letra s (padra desvio padrão da amostra);
- **Processo Estável:** processo sob controle estatístico;

### **Informações Adicionais - última verificação 11/11/1999** ([voltar para início da página](#))

Para os principais periódicos, ferramentas veja os mesmos que [DOE](#) e [Taguchi](#)

### **Referências Bibliográficas**

IQA . Fundamentos de controle estatístico de processo CEP. 1997. (Existem muitos livros sobre este assunto mas este manual, que faz parte da documentação da QS 9000, é bastante didático e traz uma explicação detalhada sobre os pontos fundamentais sobre este assunto. É recomendado para quem deseja aprender sobre CEP com o intuito de aplicação. Caso esteja interessado apenas em obter uma visão geral sobre este assunto deve-se consultar um bom livro texto introdutório sobre estatística para engenharia ou negócios.)