

## DESENVOLVIMENTO DE CARTAS DE CONTROLE ESTATÍSTICO EM AMBIENTE EXCEL / VBA

Mário Gomes; Heleno Bispo

1 Universidade Federal de Campina Grande, mario.engquimica@gmail.com

2 Universidade Federal de Campina Grande, heleno.bispo@eq.ufcg.edu.br

### Introdução

Todo processo, sendo este industrial ou não, opera com o intuito de obter um resultado, sendo este um produto ou serviço que apresente um nível de qualidade que satisfaça o destinatário final. Para que esta finalidade seja alcançada, mostra-se de fundamental importância o esforço de maneira conjunta de operadores, supervisores e gerência no setor de qualidade do processo, que se refere à manutenção de seus parâmetros de forma a permanecerem dentro dos intervalos de especificação exigidos pelo projeto (MONTGOMERY, 2012). Dessa forma, a eficaz atuação no processo, de forma a reduzir a sua variabilidade decorrente de distúrbios indesejados ocorridos, incorrerá na diminuição de custos relacionados ao retrabalho, ou perda de produção, devido aos produtos que ficaram fora das especificações requeridas pelo mercado, também chamado de não-conformes.

De forma a obter a melhoria do desempenho do processo e a redução da variabilidade de seus parâmetros, o Controle Estatístico de Processos (CEP) apresenta-se como uma metodologia fundamental e eficaz quando utilizada da maneira correta. Dentre suas ferramentas, os gráficos ou cartas de controle são o tipo mais simples de procedimento interativo, permitindo a detecção de fontes não-usuais de variabilidade, o monitoramento e vigilância do processo e a estimação de seus parâmetros.

O trabalho consistiu então no uso dessa ferramenta estatística para melhoria da qualidade, sendo usados especificamente as cartas de controle do tipo de *Shewhart* ( $\bar{X}R$  e  $\bar{X}S$ ) e da Soma Cumulativa (CuSum). Estas foram implementadas na plataforma VBA (*Visual Basic for Applications*), para manipulação de dados em ambiente *Excel*. Foi então construída uma ferramenta com fins didáticos com o objetivo de ser instrumento para o estudo e compreensão da filosofia do controle estatístico de processos.

### Metodologia

A construção da ferramenta, que possui cunho didático, permite a análise de importantes aspectos relacionados à construção das cartas de controle estatístico, como a definição dos subgrupos racionais e a escolha de importantes parâmetros em cada uma das cartas. Além disso é possível a análise do processo durante seu monitoramento. Para a comunicação dos dados de forma interativa e implementação das cartas de controle estatístico foi utilizado o *software Excel* e seu editor para implementação do código em VBA (*Visual Basic For Applications*). Distúrbios de diferentes magnitudes foram então efetuados e as cartas de controle foram então comparadas e avaliadas para cada um dos distúrbios. Foram utilizados utensílios disponíveis no ambiente VBA, como os formulários (*UserForms*) que possibilitam a adição de botões de comando e listas de texto, permitindo ao usuário a escolha de informações necessárias para a criação das cartas e direcionam os procedimentos a serem executados.

As cartas de controle foram construídas na suposição de que o tamanho amostral dos subgrupos racionais escolhido inicialmente permanecerá constante ao longo de todo o monitoramento. Foi também assumido que os dados obtidos randomicamente seguem uma distribuição do tipo normal. A partir do Teorema Central do Limite, sabe-se que a distribuição das médias amostrais mostra-se aproximadamente do tipo normal independentemente da distribuição da característica ser normal, até mesmo quando são tomadas amostras de tamanho pequeno, cerca de 4 ou 5 (OLIVEIRA et al., 2013). Foi utilizada como variável da abcissa das cartas a numeração das amostras. Outra possibilidade seria a utilização da variável tempo.

Os valores dos parâmetros de centralidade (média) e dispersão (desvio padrão) da população, quando não conhecidos, precisam ser estimados a partir de amostras ou subgrupos preliminares, sendo estes retirados quando o processo supostamente está sob condição de controle estatístico. Tais estimativas devem se basear em, pelo menos, 20 ou 25 amostras (OLIVEIRA et al., 2013). Dessa forma foram oferecidas ao usuário 3 opções de escolha para o número de subgrupos amostrais que definirão os limites de controle tentativos iniciais. Essas opções são os valores 20, 25 e 30. Quanto ao parâmetro de número de amostras por subgrupo racional, foram oferecidas ao todo 5 opções, sendo estas os valores 1, 3, 5, 10 e 15, que são parcialmente disponibilizadas dependendo da carta de controle escolhida, sabendo-se que cada carta de controle específica mostra-se mais adequada para tamanhos de amostras característicos.

Caso os primeiros subgrupos escolhidos indiquem que o processo está inicialmente fora de controle estatístico, o usuário é informado desta situação e novos subgrupos podem ser escolhidos para o cálculo dos limites de controle tentativos, para que o monitoramento estatístico do processo inicie de uma condição sob controle, sendo este requisito necessário para o correto uso da ferramenta. Dessa forma, foram construídas cartas para a situação de não haverem valores de referência ou valores-alvo. Os parâmetros de centralidade e dispersão desejados serão exatamente aqueles advindos do processo em condição de controle estatístico.

Como forma de verificar e confirmar esta suposição foram feitos testes de normalidade pelo método Anderson-Darling (AD) dos valores médios da média, amplitude e desvio padrão amostrais dos dados gerados pela ferramenta no software MINITAB®, assumindo um valor para o erro  $\alpha = 0,05$ .

## Resultados e discussão

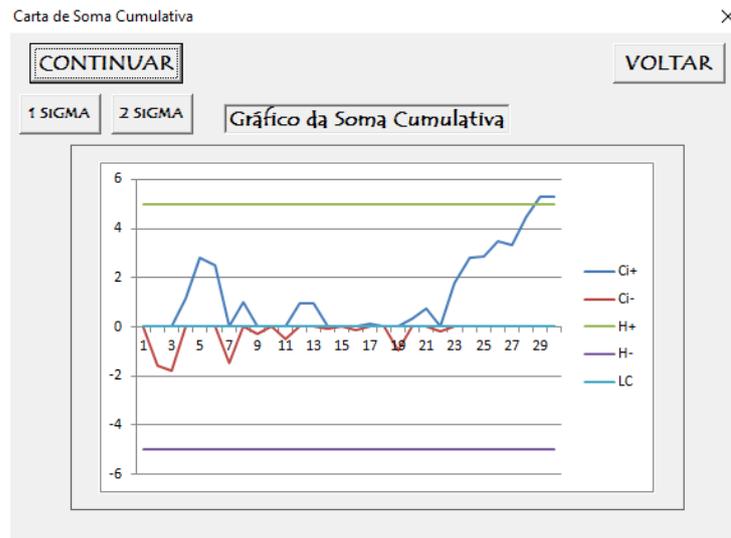
A partir da análise dos Valores P, ou *P-Values*, para a distribuição dos dados, sendo estes maiores do que o valor de significância mais comumente usado,  $\alpha = 0,05$ , é confirmada a suposição de normalidade dos dados e de seus parâmetros. Os intervalos de confiança para o teste estatístico da suposição de normalidade dos dados são representados nos resultados.

Algumas informações sobre os dados que foram inseridas e podem ser observadas na ferramenta desenvolvida para a carta de Shewhart são os valores da capacidade potencial ( $C_p$ ) e da capacidade real do processo ( $C_p$ ), sendo estes parâmetros quantificações da dispersão e centralidade dos dados, respectivamente. Além disso, observa-se a inserção das linhas de  $1\sigma$  e  $2\sigma$  (Linhas de Alerta), contribuindo, desta forma, na visualização do monitoramento dos dados e na detecção de comportamentos sistemáticos.

Observou-se também que os resultados obtidos para os valores das linhas de controle pela ferramenta desenvolvida resultaram nos mesmos valores fornecidos pelo software MINITAB®. Além disso observou-se que ambas cartas detectaram valores fora dos limites de controle nos mesmos

instantes (amostras). E a partir dos resultados apresentados pelos exemplos para as 3 cartas de controle trabalhadas, foi possível constatar a correta implementação das cartas de controle. Confirmou-se também a eficácia das cartas na detecção de distúrbios de magnitudes características apontadas pela literatura. Um dos resultados proveniente da construção das cartas de controle, é mostrado na Figura 1 a seguir, referente à carta de Soma Cumulativa (Cusum), onde observa-se a detecção de um distúrbio ocorrido em uma variável do processo.

**Figura 1 – Resultado obtido pela ferramenta desenvolvida para a carta da Soma Cumulativa.**



## Conclusões

A partir da realização deste trabalho foi desenvolvida uma ferramenta didática, de interface agradável e fácil uso, que permite ao usuário o conhecimento e aprofundamento de importantes aspectos da filosofia do controle estatístico de processo e a manipulação de parâmetros utilizados na construção das cartas de controle, permitindo ao mesmo o monitoramento dos dados gerados e a manipulação destes. Foi possível a verificação da eficácia das cartas de *Shewhart* ( $\bar{X}R$  e  $\bar{X}S$ ), quanto à sua capacidade de detecção de deslocamentos de média e alta magnitude (na ordem de  $2\sigma$ ), assim como a eficácia da carta de soma cumulativa quanto a sua capacidade de detecção de distúrbios de baixa magnitude (na ordem de  $1\sigma$ ). E finalmente, o uso do *Excel / VBA* mostrou-se bastante adequado e capaz na manipulação dos dados e consequente construção da ferramenta.

**Palavras-Chave:** Controle Estatístico; Cartas de Controle; Shewhart; Soma Cumulativa.

## Referências

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico de Processos**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

OLIVEIRA, C. C. de; GRANATO, D. CARUSO, M. S. F.; SAKUMA, A. M. **Manual para Elaboração de Cartas de Controle para Monitoramento de Processos de Medição Quantitativos em Laboratórios de Ensaio**. 1 ed. São Paulo, 2013.