

# ANÁLISE COMPARATIVA DAS CARTAS DE CONTROLE ESTATÍSTICO CUSUM E SHEWHART EM PROCESSOS COM POUCA VARIABILIDADE

Raphael Kazama Geronazzo<sup>1</sup>, Raquel Cymrot<sup>2</sup>

1. Estudante de Engenharia de Produção da Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM (IC); \*[raphaelkazama17@gmail.com](mailto:raphaelkazama17@gmail.com)
2. Prof<sup>a</sup>. Mestre da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie - UPM (Orientadora)

Palavras Chave: CEP, Cartas de Shewhart, CUSUM.

## Introdução

Tanto para as empresas do ramo industrial quanto para as de serviços, a qualidade deixou de ser um diferencial e passou a ser um dos quesitos principais para continuarem a ser competitivas no mercado. O Controle Estatístico de Processos, CEP, quando aplicado da maneira correta, consegue detectar possíveis causas de anomalias nos processos (causas especiais), criando oportunidade de aperfeiçoá-los, gerando melhorias contínuas. Uma das ferramentas do CEP são as Cartas de Controle, sendo desejável que ao mesmo tempo apresentem um alto índice de detecção das causas especiais, além de uma probabilidade baixa de falsos positivos, ou seja, alertar uma anomalia que na realidade não existe. Outro fator a ser levado em conta é a velocidade com que as cartas conseguem detectar a mudança no comportamento processos, uma vez que quanto mais rápida for esta detecção, maior a possibilidade de se evitar grandes perdas na produção.

Alguns estudos alegam que a carta CUSUM apresenta um melhor resultado quando há pequenos deslocamentos na média, pois diferentemente da carta de Shewhart, ela leva em consideração o histórico de todo o processo.

Nesse contexto, propõe-se fazer, por meio de simulações, uma análise comparativa de desempenho entre a carta mais utilizada atualmente, a Carta de Shewhart (com e sem critérios adicionais de estabilidade do processo) e a carta de Soma Cumulativa (CUSUM), em processos com coeficientes de variação (c.v.) inferiores a 0,1.

## Resultados e Discussão

Foram simuladas três situações e em cada uma delas foram gerados quatro conjuntos de cem amostras de tamanho cinquenta (cinquenta horários distintos), sendo os dados gerados com subgrupos racionais de tamanho igual a cinco. Os valores foram gerados a partir de uma distribuição Normal e para cada amostra, os cento e cinquenta primeiro números (os trinta primeiros horários) foram gerados com média 10,0 e desvio padrão respectivamente 0,5; 0,3 e 0,1. Para os últimos cem números (os vinte horários restantes) a média foi alterada em cada um dos quatro conjuntos para respectivamente 10,25; 10,50; 10,75 e 11,00 na primeira situação, 10,15; 10,30; 10,45 e 10,60 na segunda e 10,05; 10,10; 10,15 e 10,20 na terceira, correspondendo respectivamente à mudança na média de 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 desvios padrões, mantendo-se os desvios padrões adotados para cada uma das três situações.

Para cada um dos conjuntos de dados de cada uma das situações propostas, foram construídas quatro cartas de controle: a carta CUSUM, a carta de Shewhart sem critérios adicionais, a carta de Shewhart utilizando o critério original mais dois critérios adicionais de estabilidade do processo – não ter ponto fora dos limites de controle, não

ter sete pontos seguidos subindo ou descendo e não ter nove pontos seguidos acima ou abaixo da média – e a carta de Shewhart utilizando o critério original e todos os critérios adicionais disponíveis no *software* Minitab®. Foi observado se a carta conseguiu detectar a mudança e quão rápido ela a detectou após a real mudança na média (30ª observação), além de se verificar a probabilidade de falsos positivos. A fim de comparar a eficiência das cartas, foram realizados o teste não paramétrico de Friedman e seus contrastes dois a dois e o teste não paramétrico Q de Cochran.

Como resultado foi observado que a Carta de Shewhart Tradicional apresentou o menor índice de falsos positivos para deslocamentos igual 0,5 desvio padrão, contudo baixa detecção da mudança da média. Verificou-se também que a Carta de Shewhart com dois critérios adicionais obteve altos índices de falsos positivos, além de ter altos índices de não detecção mudança na média em deslocamentos de 0,5 e 1,0 desvios padrão.

A Carta Shewhart com todos os critérios adicionais conseguiu detectar a mudança da média em quase todas as simulações, contudo apresentou ocorrência de falsos positivos para deslocamentos iguais ou acima a 1,0 desvios padrão em todas as simulações realizadas.

Já a carta CUSUM detectou a mudança em 100% das vezes e com maior rapidez (menor soma dos postos atribuídos ao número das observações na qual houve a primeira detecção real da mudança na média), além de apresentar menos falsos positivos em relação às outras cartas. Na simulação com o desvio padrão igual a 0,1, para todos os deslocamentos na média, a porcentagem de falsos positivos foi significativo, acima de 67%, chegando à 80%, porém inferior ao das demais cartas para deslocamentos da média de 1,5 e 2 desvios padrões. Ressalta-se que para os processos com desvio padrão desta magnitude (coeficiente de variação igual a 0,01), sendo os deslocamentos da média muito pequenos, estes podem ser confundidas com o efeito do erro aleatório.

## Conclusões

Com as análises realizadas, concluiu-se que em processos com pouca variabilidade, a carta CUSUM mostrou um desempenho superior, detectando as mudanças no processo, em todas as simulações, com maior rapidez, apresentando menores índices de falsos positivo na maioria das situações, tendo, entretanto, índices significativos nos processos com c.v. = 0,01.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do PIBIC/Mackenzie.