

## Aplicação da carta de controle EWMA em uma empresa do setor alimentício: um estudo de caso

Damaris Serigatto Vicentin (Unesp) [damaris\\_sv@hotmail.com](mailto:damaris_sv@hotmail.com)  
Paulo Nocera Alves Junior (USP) [pjnocera@yahoo.com.br](mailto:pjnocera@yahoo.com.br)

### Resumo:

A satisfação dos clientes sobre a qualidade dos produtos e serviços interfere na posição de mercado da empresa, podendo até gerar vantagens competitivas para sua sobrevivência e ascensão. O objetivo deste artigo é discutir, por meio de um estudo de caso, a utilização da carta de controle EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*), mostrando situações reais em uma indústria do setor alimentício, onde a variável Peso (g) foi estudada por meio de cartas de controle EWMA. As cartas foram refeitas, comunicando ao setor responsável e retirando os pontos fora de controle, até chegar a um processo estatisticamente estável. Conclui-se que apesar da obtenção de uma carta sob controle estatístico, ainda existem causas especiais influenciando a variabilidade do processo. Para o controle da variabilidade é necessário continuar analisando amostras periódicas e inserir programas de qualidade a fim de estabelecer comprometimento para com a melhoria contínua.

**Palavras chave:** Carta de controle EWMA, Qualidade, Indústria alimentícia.

## Applying EWMA control chart in a company of the food sector: a case study

### Abstract

The satisfaction of the customer about the quality of products and services interferes with the market position of the company and it may even generate competitive advantage to its survival and ascension. The aim of this paper is to discuss, through a case study, the use of the EWMA control chart (*Exponentially Weighted Moving Average*), showing real situations in an industry of the food sector, where the variable weight (g) was studied through EWMA control charts. The control charts were redone, communicating the responsible department and removing the out of control points, until it reaches a statistically stable process. It is concluded that despite obtaining a control chart under statistical control, there are special causes affecting the process variability. For the variability control, it is necessary to continue analyzing periodic samples and inserting quality programs in order to establish commitment to continuous improvement.

**Key-words:** EWMA control chart, Quality, Food industry.

### 1. Introdução

Programas de qualidade, assim como métodos, técnicas ou ferramentas, são desenvolvidos e aplicados, de forma isolada ou em conjunto com outros, em organizações com o intuito de melhorar seus processos, produtos e serviços. Dentre eles destaca-se o Controle Estatístico de Processo (CEP) o qual tem a função de monitorar, controlar e melhorar os processos produtivos. Ele pode ser capaz de detectar problemas, possuindo um caráter preventivo para

eliminar perdas, diminuir custos, aumentar a lucratividade e assim trazer maior rentabilidade para as organizações (SOUZA, 2003).

O Controle do Processo é aplicado com o objetivo de diminuir a variabilidade de características dos produtos, com base em dados (qualitativos ou quantitativos), onde a análise desses dados possibilita tomadas de decisões. Na prática, alia-se a experiência dos profissionais do setor com o conhecimento das técnicas estatísticas, para definir se o processo está ou não sob controle, mas essa decisão pode estar incorreta.

Gráficos de controle de Shewhart são extremamente úteis na primeira fase de implementação do CEP (construção do modelo), no qual o processo é provável que esteja fora de controle e experimentando causas especiais, resultando em grandes mudanças nos parâmetros monitorizados. A principal desvantagem das cartas de controle de Shewhart no monitoramento da segunda fase, onde o processo já pode ter sofrido intervenções com diminuição da variabilidade, é que as mudanças passam a ser relativamente insensíveis a pequenas alterações de processo (ou pequenos desvios/variabilidade no processo). Este inconveniente é devido ao fato de que em cada amostragem de tempo  $t$  ele usa apenas a informação contemporânea, ignorando qualquer informação potencial contida em amostras do passado ( $t-1$ ,  $t-2$ ,...). Os gráficos de controle das CUSUM (*Cumulative Sum* – Somas Acumulativas) e os gráficos de controle EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average* – Média Móvel Ponderada Exponencialmente) são as melhores escolhas para o monitoramento de processos sujeitos a essas pequenas variabilidades, pois podem ser mais rápidos para sinalização de pequenos desajustes (FERRER, 2009).

Sendo assim, é justificada a busca de informações sobre como o estudo da carta de controle EWMA pode ser implantado em uma empresa brasileira, com o intuito de se produzir material que possa ser utilizado, no mínimo, como sugestão ou referência para a implantação de carta de controle EWMA.

Sendo assim o objetivo deste trabalho é analisar a utilização da carta de controle EWMA, mostrando situações reais em uma empresa brasileira e também discutir, dificuldades encontradas para sua implantação. Esperam-se evidenciar possíveis diferenças entre as condições teóricas estabelecidas para o CEP e aquelas que de fato são utilizadas nas aplicações apresentadas no caso considerado.

## 2. Referencial Teórico

A carta de controle da Média Móvel Ponderada Exponencialmente (EWMA) é outra alternativa ao gráfico de Shewhart, sendo útil para detectar pequenos desvios da média do processo (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2012). Esse gráfico foi introduzido por Roberts em 1959 e é usado para detectar mudanças persistentes em um processo. A principal vantagem é que ele é capaz de detectar, rapidamente, pequenas mudanças. Assim, séries de publicações sobre o monitoramento da variação do processo, usando um gráfico EWMA têm aparecido na literatura (MARAVELAKIS; CASTAGLIOLA, 2009).

Segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2012), o EWMA é utilizado, geralmente, com observações individuais. Considera que a observação mais recente deva ter peso diferente das anteriores. A estatística que representa esse conceito é indicada por  $Y_i$ , sendo:

$$Y_i = \lambda X_i + (1 - \lambda)Y_{i-1} \quad (1)$$

$$\text{Com variância } \sigma_{Y_i}^2 = \sigma^2 \left( \frac{\lambda}{2-\lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)^{2i}] \quad (2)$$

Onde,  $0 < \lambda \leq 1$ , e  $Y_i = \mu_0$  que representa o valor-alvo ou valor médio em controle de X; o  $\sigma^2$  representa a variância da variável X. Sendo assim, a linha média e os limites de  $k$ -sigma do gráfico de EWMA são calculados pelas seguintes fórmulas:

$$\widehat{LSC} = \mu_0 + k\sigma_0 \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right)[1 - (1-\lambda)^{2i}]} \quad (3)$$

$$\widehat{LM} = \mu_0 \quad (4)$$

$$\widehat{LIC} = \mu_0 - k\sigma_0 \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right)[1 - (1-\lambda)^{2i}]} \quad (5)$$

À medida que  $\lambda$  se aproxima de 1, os valores representantes das amostras se aproximam dos valores correspondentes, que ocorrem no gráfico de Shewhart. Valores usuais são:  $k=3$  e  $\lambda=0,2$  (RIBEIRO JR., 2013).

Onde, o  $\sigma_0$  representa o desvio padrão do processo em estado de controle. É possível observar que conforme  $i$  aumenta, a quantidade de  $[1 - (1-\lambda)^{2i}]$  tende à unidade e os limites do gráfico tendem para (POZZOBOM, 2001):

$$\widehat{LSC} = \mu_0 + k\sigma_0 \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right)} \quad (6)$$

$$\widehat{LIC} = \mu_0 - k\sigma_0 \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right)} \quad (7)$$

### 3. Método de Pesquisa

Este artigo tem como metodologia de pesquisa um Estudo de Caso em uma empresa do setor alimentício que segundo Gil (1991) é um método de pesquisa que permite amplo conhecimento do fato de interesse. A pesquisa utiliza abordagem quantitativa, pois foram considerados dados numéricos e reais de variáveis contínuas.

Nesse estudo de caso, a característica de interesse monitorada é a variável peso (g) cuja especificação é de 511g a 526g, contendo o peso das 17 lâminas plásticas (11g) das embalagens que separam os produtos analisados, que são massas para pastel. Essa especificação foi planejada pela fato da embalagem do produto analisado conter a informação sobre o peso de 500g, pois, segundo a empresa, o INMETRO exige que os pesos estejam dentro do intervalo de 496g a 525g.

Atualmente a empresa observar o comportamento individual dos pesos, e o controle consiste na pesagem de 5 produtos de 30 em 30 minutos, sendo utilizado para ajustes nos cilindros e anonatações informativas de controle.

Para a pesquisa foi retirada uma amostra em agosto de 2013 com o propósito de construir as cartas de controle EWMA. Consideraram-se 19 sub grupos com 4 itens cada, coletados de 15 em 15 minutos, sem considerar a ordem dos discos no cilindro. Os dados são apresentados no Anexo.

Para as construções gráficas das cartas de controle, foi utilizado o software MiniTab.

#### 4. Estudo de Caso

A empresa, que será denominada como “Empresa”, pois não foi permitida a divulgação do nome real, caracteriza-se por ser familiar e de médio porte, com 256 colaboradores, ter uma matriz, um centro de distribuição com escritório comercial em uma cidade com localização estratégica a favor da logística, distribuidores e revendedores por todo o Brasil.

A massa de pastel foi o produto analisado, na qual é composta por 17 discos, medindo 14cm de diâmetro, separados por lâminas de plástico. A variável peso (g) foi escolhida como característica da qualidade em análise, por se tratar de uma característica com exigências quanto a sua especificação.

O processo de fabricação desse produto inclui as seguintes etapas:

- a) Preparar a massa (composta de farinha de trigo e outros ingredientes);
- b) Colocar na masseira (para a homogeneização);
- c) Retirar a massa;
- d) Depositar a massa na formatadeira (em monoblocos);
- e) Passar a massa de cilindro em cilindro, para folhear, afinar e formar a massa do pastel;
- f) Dobrar a massa e levá-la levada para a máquina (onde será cilindrada novamente);
- g) Cortar em discos grandes (14 cm de diâmetro), conforme a faca do molde;
- h) Colocar uma lâmina de plástico sobre a massa;
- i) Agrupar os 17 discos separados pelas lâminas plásticas.

Em cada cilindro existe um mecanismo de controle da espessura da massa que influencia o peso. Porém, o último cilindro antes do corte dos discos do pastel é o principal controle para obter a espessura ou diretamente o peso desejado. Os dados para o presente estudo são retirados no final do processo, onde os discos de pastel já foram cortados, separados por lâminas plásticas e empilhados para a embalagem.

Depois de passar pelo último cilindro existe uma esteira que é regulada em função do tempo. Se esta esteira não estiver regulada adequadamente, pode haver diferenças na quantidade final, ou seja, grupos com mais ou menos de 17 discos em uma cumbuca. Esses conjuntos são embalados resultando nos produtos. Importante observar que esta etapa final ocorre em movimento, 3 carreiras com 5 produtos cada (Figura 1). Nesta etapa são retiradas as amostras para o controle de peso.

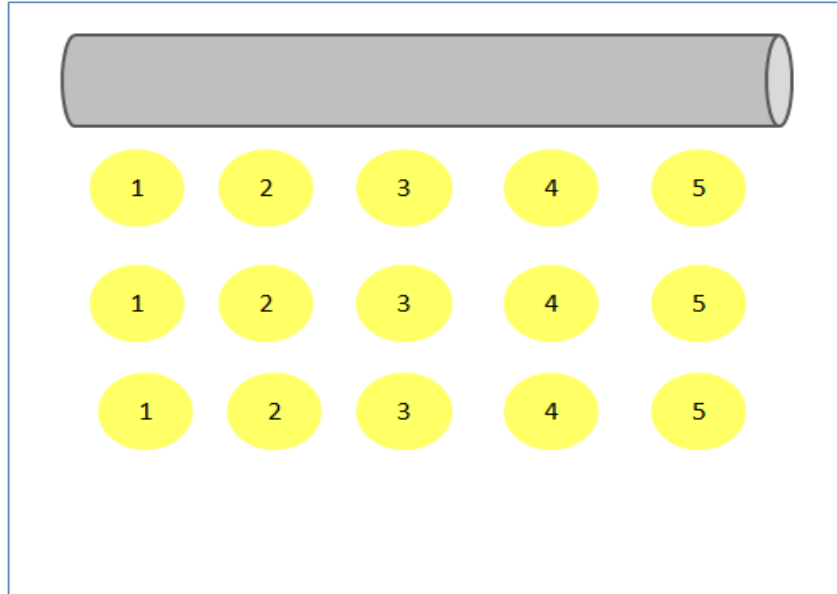


Figura 1 – Distribuição dos discos no final da esteira e esquema para amostragem

A preparação do produto para o mercado envolve seis funcionários que transferem esse produto para uma cubuca de plástico. Nesta etapa ocorre um controle visual, isto é, se a cubuca não está totalmente preenchida discos reservas são inseridos. Quando eles não conseguem acompanhar o ritmo desse processo ou observar falhas, como furos ou manchas na massa, enviam o produto para o retrabalho, ou descartam para o lixo, ou destinam à alimentação dos animais.

## 5. Resultados

Para a construção das cartas EWMA foram utilizadas 19 amostras, constituída de 4 produtos que são mensurados de 15 em 15 minutos. Em função desses resultados, um operador regula os cilindros a fim de ajustar a espessura da massa. Essas construções têm também objetivos didáticos.

### 5.1 Cartas da Média Móvel Ponderada Exponencialmente – EWMA

Construiu-se o gráfico de controle EWMA com intuito de verificar a diferença dos outros conjuntos e cartas de controle. Para a determinação dos valores de interesse, LSC (Limite Superior de Controle), LM (Linha Média) e LIC (Limite Inferior de Controle), foram consideradas apenas observações individuais da unidade 1 e utilizadas as equações (4, 6 e 7). As médias móveis representativas das amostras foram plotadas resultando no gráfico apresentado na Figura 2, com  $\lambda= 0,20$  e  $k= 3$ .

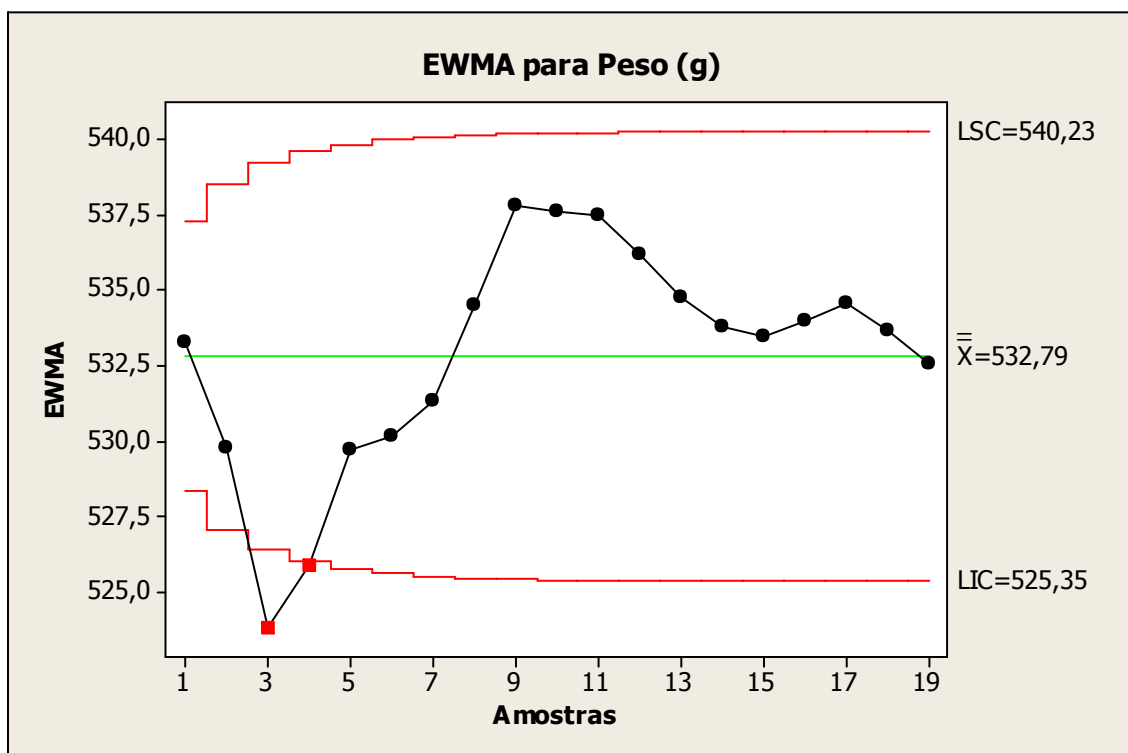


Figura 2 – Gráfico de controle da média móvel ponderada exponencialmente (*EWMA*)

O gráfico de EWMA também mostra a característica de alta variabilidade nas primeiras amostras presente nas cartas de controle anteriores, pois existem 2 pontos (3 e 4) fora do limite inferior de controle (LIC), uma possível presença de oscilações cíclicas e mais de 6 pontos consecutivos acima da linha média a partir da amostra 8, sinalizando que o processo está fora de controle estatístico. É importante ressaltar que durante a produção são feitas alterações no processo produtivo à medida que os pesos das unidades amostrais ultrapassam os limites especificados, isto é, se ocorrem itens com peso bem acima ou abaixo, o encarregado pela manutenção realiza ajustes nas máquinas acarretando perturbações no sistema. Nesse caso, foi informado ao setor responsável o ocorrido e refeito a carta com 15 amostras, descartando os pontos fora (3 e 4) e as primeiras amostras com maior variabilidade (1 e 2). A Figura 3 apresenta a dispersão dos pontos em termos de média móvel ponderada exponencialmente, em relação à linha central e aos limites nesta nova configuração.

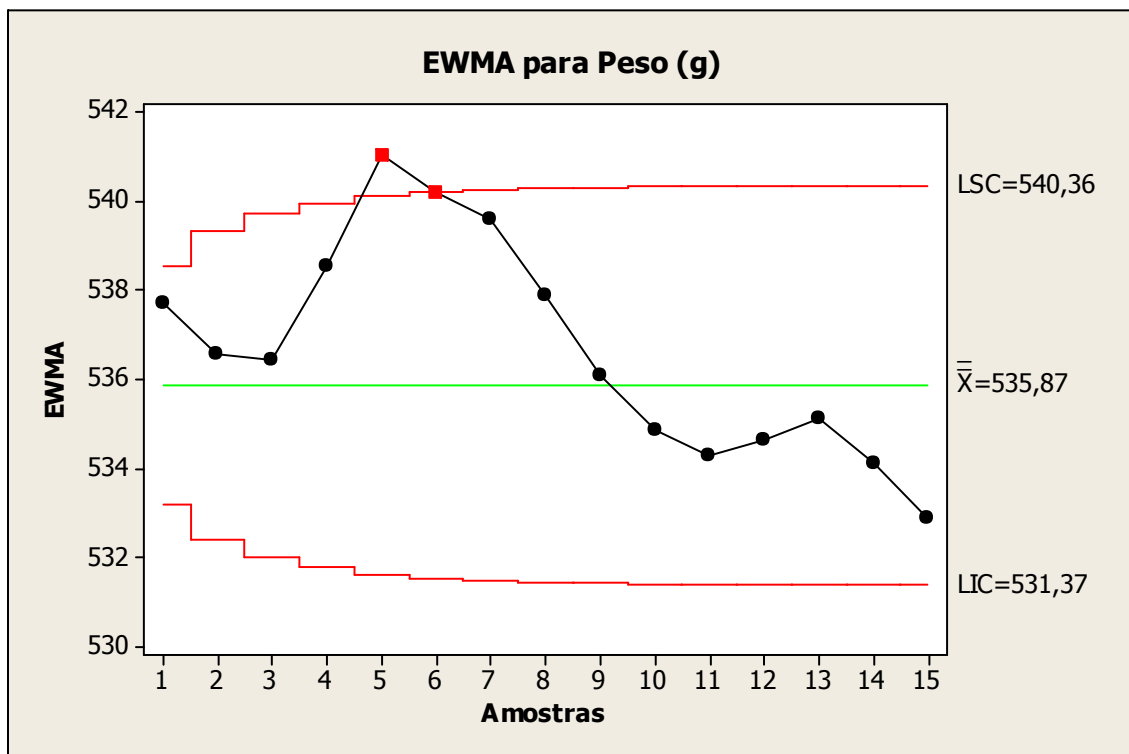


Figura 3 – Gráfico de controle da média móvel ponderada exponencialmente (*EWMA*)

Nesse caso, também ocorrem 2 pontos (5 e 6) fora do limite inferior de controle (LIC) e uma possível presença de oscilações cíclicas, confirmando a situação da segunda carta de valores individuais, porém com mais um ponto fora de controle e uma possível tendência a partir da amostra 7, indicando que o processo está fora de controle estatístico. Nesse caso, foi informado ao setor responsável do ocorrido e refeita a carta com 13 amostras, descartando os pontos fora (5 e 6). A Figura 4 apresenta a dispersão dos pontos em termos de média móvel ponderada exponencialmente, em relação à linha central e aos limites nesta nova configuração.



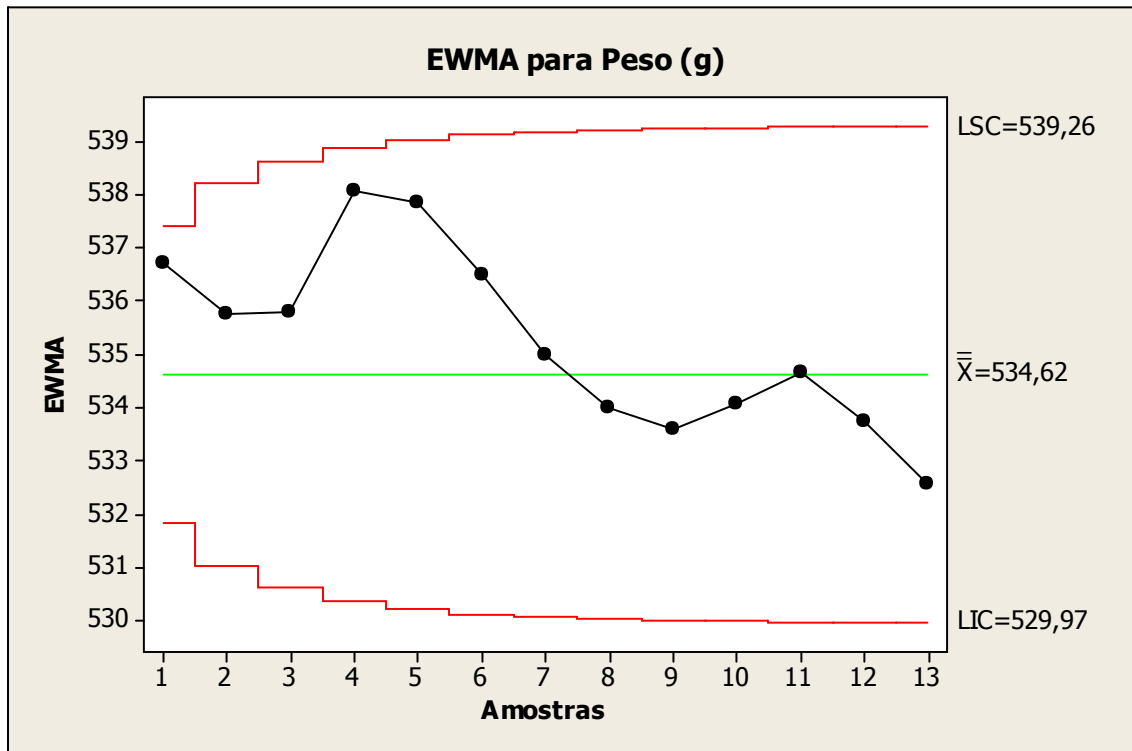


Figura 4 – Gráfico de controle da média móvel ponderada exponencialmente (*EWMA*)

Neste gráfico não ocorreu pontos fora da região de controle, porém nota-se que pode existir uma possível tendência a partir da 5ª observação e ainda a presença de oscilações cíclicas, indicando que o processo é muito afetado por pequenas variações. Esta situação foi relatada ao setor responsável da indústria que já estava ciente do problema nessa linha de produção. Pode-se observar que para se conseguir todos os pontos na região de controle foi necessária uma série de etapas envolvendo a retirada de pontos, o que na prática significaria intervenções no processo, que não foi o caso.

## 6. Considerações Finais

Conclui-se que as cartas de controle EWMA construídas mostram claramente um descontrole do processo, indicando comportamentos cíclicos que são resultantes de constantes intervenções por parte dos funcionários que provocam mais variabilidade. No entanto a carta EWMA é sensível ao sinalizar, com pontos iniciais fora da região de controle, as causas especiais que influenciaram o processo.

A empresa está mais focada no controle dos pesos em vista de possíveis autuações por algum órgão fiscalizador. No cotidiano o controle baseia-se em intervenções ocasionais quando amostras indicam alterações significativas nos pesos.

A principal dificuldade para a aplicação das cartas EWMA é referente as causas especiais que interviem no processo, pois mesmo identificando-as como uma deformação no cilindro, não foram solucionadas, dificultando o propósito da aplicação das cartas de controle (evitar ajustes desnecessários e implementar mudanças no processo para melhoria de desempenho).

A literatura indica que interferências em função de alarmes falsos podem levar a um descontrole maior, causando maiores danos ao processo. Nesse sentido a implementação de cartas de controle EWMA necessita ser antecipada pela introdução de programas de qualidade



que conjuguem esforços da administração, engenharia, gerência e demais colaboradores comprometidos com a melhoria contínua.

## Referências

- COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R.** *Controle estatístico de qualidade*. 2. ed. 6. reimpr. São Paulo: Atlas, 2012.
- FERRER, A. J.** *Statistical Control of Measures and Processes*. Technical University of Valencia, Valencia, Spain: Elsevier, 2009.
- GIL, A. C.** *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1991.
- MARAVELAKIS, P. E.; CASTAGLIOLA, E.** *An EWMA chart for monitoring the process standard deviation when parameters are estimated*. Computational Statistics and Data Analysis, n. 53, p. 2653-2664, 2009.
- POZZOBOM, E. M. P.** *Aplicação do controle estatístico do processo*. 2001, 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2001.
- RIBEIRO JR, J. I.** *Métodos estatísticos aplicados ao controle da qualidade*. Viçosa. MG: UFV, 2013.
- SOUZA, R. A.** *Análise da qualidade do processo de envase de azeitonas verdes através de algumas ferramentas do controle estatístico de processo*. 2003, 104f. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal Santa Catarina. Florianópolis, 2003.