



Exacta

ISSN: 1678-5428

ISSN: 1983-9308

gerald@neto@uni9.pro.br

Universidade Nove de Julho

Brasil

Moro, Matheus Fernando; Compagnoni do Reis, Camila Candida; de Almeida Flores, Sandrine; Pizzolato, Morgana; Dittmar Weise, Andreas

Monitoramento estatístico do processo de acondicionamento de embutidos por meio de gráficos de controle

Exacta, vol. 16, núm. 2, 2018, -Junio, pp. 43-66

Universidade Nove de Julho

São Paulo, Brasil

DOI: <https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v16n2.7257>

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81058960003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

[redalyc.org](https://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Monitoramento estatístico do processo de acondicionamento de embutidos por meio de gráficos de controle

*Statistical monitoring of the process of packaging of sausage by means of the control charts*

Matheus Fernando Moro<sup>1</sup>

Camila Candida Compagnoni do Reis<sup>2</sup>

Sandrine de Almeida Flores<sup>3</sup>

Morgana Pizzolato<sup>4</sup>

Andreas Dittmar Weise<sup>5</sup>

**Resumo:** Os gráficos de controle são utilizados no monitoramento de processos, prezando pela qualidade fornece informações visuais sobre possíveis causas de variação, facilitando que ações corretivas possam ser aplicadas. O objetivo desse estudo é aplicar os gráficos de Shewhart (X-S), CUSUM e EWMA para monitoramento do peso do pacote de salsicha tipo *hot dog* em uma indústria de alimentos. Os dados foram fornecidos pela empresa e os gráficos elaborados no software *Statistica*® 7. Os resultados de cada gráfico são comparados, visando identificar o melhor método para monitorar o processo de pesagem. Observou-se que tanto os gráficos CUSUM como EWMA tem como principal ponto positivo detectar mais rapidamente pequenos desvios, fornecendo informações sobre tendência, entretanto comparando-os o gráfico EWMA apresenta de forma mais rápida o primeiro sinal de descontrole no processo, portanto este é indicado para o monitoramento do processo de pesagem. Somado a isto, complementa-se o estudo com o diagrama de causa e efeito, o qual é elaborado para análise das causas especiais. Ao utilizar o gráfico EWMA para monitorar o processo a empresa pode ter aumento da produtividade e diminuição do reprocesso.

**Palavras-Chave:** Controle Estatístico. Gráficos de Controle. Processo Embalagem.

**Abstract:** Control charts are used in process monitoring, focusing on quality by providing visual information on possible causes of variation, making it easier for corrective actions to be applied. The objective of this study is to apply Shewhart (X-S), CUSUM and EWMA graphs to monitor the weight of the hot dog type sausage package in a food industry. The data were provided by the company and the graphs elaborated in the software *Statistica*® 7. The results of each graph are compared in order to identify the best method to monitor the weighing process. It was observed that both CUSUM and EWMA graphs have as main positive point detect small deviations, providing information on trend, however, comparing them, the EWMA chart presents more quickly the first sign of uncontrolled process, therefore it is indicated for the monitoring of the sausage weighing process. In addition to this, complements the study with the cause and effect diagram is complemented, which is elaborated for analyze special causes. By using the EWMA chart to monitor the process the company may have increased productivity and decrease reprocessing.

**Keywords:** Statistical control. Control charts. Sausage packing process.

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. morosmi@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutoranda em Engenharia de Produção Universidade Federal de Santa Catarina camilacompagnoni@gmail.com

<sup>3</sup> Mestra em Engenharia de Produção Universidade Federal de Santa Maria sandrineruty@gmail.com

<sup>4</sup> Professora Adjunta do Depto de Engenharia de Produção e Sistemas - DPS Coordenadora do Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento e Inovação de Produtos e Processos - LADIPP Gerente da Qualidade do Sistema de Gestão de Laboratórios do Centro de Tecnologia - SGLab CT Universidade Federal de Santa Maria morganapizzolato@ufsm.br

<sup>5</sup> Professor no Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas Universidade Federal de Santa Maria andreas.weise@ufsm.br

## 1 Introdução

Na indústria alimentícia a qualidade é entendida como um conjunto de fatores essenciais ao produto final, incluindo características nutricionais e higiene dos alimentos, para sua efetividade necessita-se de um controle contínuo e eficaz nas distintas etapas do processamento (Portal Educação, 2013). Por outro lado, fatores como a qualidade percebida não podem ser ignorados, pois é a dimensão de tal que mostra como o consumidor vê o produto.

Os consumidores de alimentos, especificamente de carne de frango destacam a qualidade do produto brasileiro, tornando-a um produto indispensável para a economia brasileira, pois há um grande consumo tanto no Brasil como exterior. Ressalta-se que há dez anos o Brasil lidera o *ranking* mundial de exportação da carne de frango, exportando em julho de 2015, 409,8 mil toneladas (aumento de 21% em relação ao mesmo período de 2014) (Brasil, 2015). Contudo, mesmo não sendo o maior produtor da carne de frango, uma vez que o EUA detém 20% da produção mundial, enquanto o Brasil e a China têm participação de 15%, o país comercializa, aproximadamente 40% dessa carne em nível mundial (Brasil, 2015). Logo, evidencia-se a relevância em buscar melhorias para as unidades industriais de aves.

Para tanto, em relação a técnicas estatísticas para monitorar, gerir e analisar o desempenho de processos produtivos visando realizar melhorias, inclusive na indústria alimentícia, tem-se a ferramenta conhecida como Controle Estatístico do Processo (CEP). O CEP inclui análise por meio de gráficos de controle, estes que são significativos para verificação de falhas, pois os processos precisam ocorrer como planejado, isto é, dentro dos limites de controle. Estes gráficos podem ser utilizados nas operações produtivas, destacando

problemas que afetam o sucesso da produção, levando a prevenção de defeitos (Bittencourt, 2014).

Os gráficos que fazem parte da ferramenta CEP, são, dentre eles: Shewhart (X-S), Soma Acumulada (CUSUM) e Média Móvel Exponencialmente Ponderada (EWMA). Entretanto, poucos estudos abordam a utilização e comparação desses gráficos de controle. Consequentemente, tal fator e a importância do setor industrial alimentício para economia brasileira, idealizou-se o estudo de CEP em uma indústria alimentícia, pois além disso amplia as pesquisas e aplicações neste setor.

Diante disso, o objetivo desse trabalho é empregar os gráficos de controle de Shewhart (X-S), (CUSUM) e (EWMA) em uma empresa situada no estado de Santa Catarina, a qual teve sua fundação em 1934. Em seu mix de produção encontram-se derivados de aves, suínos, gado e leite. Neste caso, a pesquisa foi aplicada no peso real do pacote de 5 kg de salsichas tipo *hot dog*. Justifica-se ainda, a escolha desta variável, devido aos problemas que a empresa vem apresentando nesse produto, como perdas de embalagens e retrabalho.

Utilizando de conhecimentos estatísticos e auxílio computacional os gráficos são aplicados, analisados e os resultados comparados, a fim de que se possa identificar qual deles mais se adequa ao processo em questão, possibilitando, então, melhorar o monitoramento do processo. Posteriormente, elabora-se um diagrama de causa e efeito, a fim de esclarecer e organizar as causas do problema.

Para dar sequência a apresentação do estudo, a seção 2 apresenta o referencial teórico, a metodologia de pesquisa é evidenciada na seção 3, seguida da seção 4 com os resultados e as discussões acerca dos mesmos. Por fim, na seção 5, destaca-se as conclusões pertinentes, a partir do estudo realizado.

## 2 Gráficos de controle para variáveis

Os gráficos de controle, propostos inicialmente por Walter Shewhart, em 1924, são utilizados para verificar o comportamento do processo. Por meio deles é possível identificar pontos estratégicos na linha de produção, que se destacam por alterações fora do normal, sendo que quando detectados possibilita a compreensão das causas especiais que envolvem o processo industrial (Samohyl, 2009). Os gráficos de controle podem ser construídos para variáveis e para atributos. Onde neste segundo o valor em estudo é determinado por meio de uma classificação ou contagem.

De forma corroborativa, utiliza-se de gráficos de controle para variáveis no monitoramento de processos quando a característica estudada “é uma variável que pode ser mensurada e expressa em um valor na escala contínua.” (Walter, Henning, Cardoso, & Samohyl, 2013, p. 272), o qual pode ser determinado através de algum tipo de medição. Nesse caso é adequado que se descreva a característica estudada por meio de sua medida de tendência central e de sua variabilidade, representando os resultados em gráficos de controle apropriados.

É importante ressaltar que para ser possível a utilização de qualquer tipo de gráfico de controle duas suposições devem ser validadas. A primeira suposição é a da independência das amostras. A segunda é a de que os dados sejam normalmente distribuídos (Montgomery, 2004; Samohyl, 2009).

A suposição mais importante aos gráficos de controle é a independência das observações, pois mesmo que a suposição de normalidade seja violada em grau moderado esses gráficos ainda funcionam razoavelmente, ao contrário de quando o fundamento de independência das amostras é quebrado. Quando os valores da característica da qualidade possuem algum grau de auto correla-

ção, mesmo que pequeno, a probabilidade de uma observação sair dos limites, com o processo sob controle, aumenta e compromete a credibilidade desta ferramenta, pela ocorrência elevada de alarmes falsos (Montgomery, 2004).

Atualmente as empresas dificilmente verificam estas suposições antes de implantar os gráficos de controle, elas os utilizam muitas vezes de forma errônea, não aproveitando os benefícios que eles podem trazer. Vale ressaltar que em medições cujas observações são feitas em um curto espaço de tempo e com elevado grau de automação, as chances desses valores serem auto correlacionados se multiplicam, ratificando a importância da análise da distribuição das amostras e sua independência (Montgomery, 2004). Quando os dados são correlacionados, é necessária realizar uma correção nos dados, assim outros tipos de gráficos de controle são recomendados (Sheu & Lu, 2009).

### 2.1 Gráficos de controle de Shewhart

Os gráficos de controle de Shewhart são demonstrações gráficas de ordem de amostras, que estão passando pelo controle estatístico de processos, baseando-se em uma Linha Central (LC) como valor médio do processo analisado. Destaca-se a localização do Limite Superior de Controle (LSC) e o Limite Inferior de Controle (LIC), pois essa situação equivale a um teste de hipótese se os pontos encontram-se entre os limites estabelecidos, sendo rejeitada a hipótese de estar sob controle (Montgomery, 2004; Mingoti & Yassukawa, 2008).

Por meio da ressalva do teste de hipótese, Carpinetti (2012) salienta que busca-se encontrar as causas aleatórias que possam estar prejudicando o comportamento do processo, contudo a média do processo está inserida dentro do intervalo destacado a seguir:

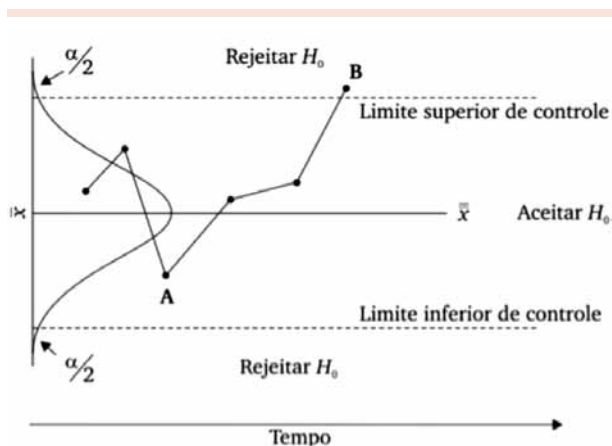
$$x - Z\alpha/2 \cdot \sigma n; x + Z\alpha/2 \cdot \sigma n; \quad (1)$$

Desse modo, esse modelo pode ser utilizado para encontrar a média, permitindo visualizar quando há causas especiais, ou seja, variabilidade no processo. Todavia, as hipóteses são estabelecidas como ou , contando que os limites definidos são (Carpinetti, 2012):

$$LS = x + Z\alpha/2 \cdot \sigma x = x + Z\alpha/2 \cdot \sigma n; \quad (2)$$

$$LI = x - Z\alpha/2 \cdot \sigma x = x - Z\alpha/2 \cdot \sigma n; \quad (3)$$

A Figura 1 expõe que os limites dependem do nível de significância  $\alpha$  e também, do tamanho da amostra  $n$ , de forma que se  $\alpha$  for maior, o gráfico se aproxima da linha central aumentando a chance de cometer erro (Carpinetti, 2012).



**Figura 1: Gráfico de controle para a média: região de aceitação e rejeição da hipótese**  
Fonte: (Carpinetti, 2012, p. 35).

Destaca-se que o gráfico de controle de Shewhart é determinante para constatar a ocorrência de desvios da média diante do processo, porém não é favorável a detecção de pequenas alterações, observando a independência entre as unidades amostrais (Mingoti & Yassukawa, 2008).

### 2.1.1 Gráfico X – S

O gráfico de controle – S é usual quando a amostra é  $n = 10$ , visto que, nestes casos, estimar a variabilidade por meio do controle – R, a amplitude, torna-se insuficiente. Assim, o desvio padrão é ideal (Bittencourt, 2014).

$$LSC = x + A3s; \quad (4)$$

$$LC = x; \quad (5)$$

$$LIC = x - A3s; \quad (6)$$

Contudo, sabe-se que para construir o gráfico S é preciso calcular o desvio padrão para todos os subgrupos amostrais, pois o monitoramento da variabilidade é realizado dentro de cada subgrupo. Portanto, os gráficos X – S apresentam limites de controle que variam de acordo com o tamanho da amostra de cada subgrupo, quanto menor o tamanho da amostra, mais extensos serão os limites de controle (Montgomery, 2004; Bittencourt, 2014).

### 2.2 Gráfico de Controle de Soma Acumulada (CUSUM)

O gráfico CUSUM incorpora a informação presente nas observações anteriores em cada ponto (observação) do gráfico de controle, ou seja, considera o histórico de dados e torna possível reconhecer pequenas alterações nos processos. O CUSUM trata da “soma acumulada dos desvios das mensurações ao redor da média ou valor nominal do processo como ponto de referência.” (Samohyl, 2009, p. 145). De maneira prática, a decisão sobre o estado do processo fundamenta-se na informação acumulada de diversas amostras, associando pequenas evidências fornecidas por cada uma individualmente.

O cálculo conta com informações de diferença do valor observado pela média global das amostras ( $\mu_0$ ), somando-se então todas as diferen-

ças encontradas, de modo que Walter et al. (2013) apresenta para este cálculo a seguinte equação:

$$C_i = j=1i X_j - \mu_0 = X_i - \mu_0 + C_{i-1} \quad (7)$$

Onde  $C_i$  expressa a soma acumulada de  $i$  amostras. Uma vez que se tem o processo sob controle estatístico, a soma acumulada  $C_i$  apresenta valor com média próxima a zero.

No caso de os valores  $X_i$  de se afastarem da média  $\mu_0$ , a soma acumulada apresenta rapidamente valores maiores, servindo de alerta para o desvio do processo. Destaca-se ainda a importância de se identificar se a soma acumulada é negativa ou positiva, ou seja, se as leituras observadas de  $X_i$  são inferiores ao valor nominal  $\mu_0$  ou  $X_i$  superiores ao valor nominal  $\mu_0$  (Samohyl, 2009).

A “tolerância” com pequenas alterações é formalizada explicitamente nas equações do CUSUM com o valor de referência  $K$  (Samohyl, 2009). Deste modo, o CUSUM funciona acumulando desvios de  $\mu_0$  que estão acima e abaixo do alvo, com uma estatística  $C^+$  e  $C^-$  chamadas de CUSUM’s unilaterais, superior e inferior. Estas estatísticas são calculadas da seguinte forma:

$$C_i^+ = \max[0, X_i - \mu_0 + K + C_{i-1}^+]; \quad (8)$$

$$C_i^- = \max[0, \mu_0 - K - X_i + C_{i-1}^-]; \quad (9)$$

Onde,  $C_0^+ = C_0^- = 0$ .

O valor de referência  $K$  é escolhido entre o valor alvo  $\mu_0$  e o valor da média fora de controle  $\mu_1$  que estamos interessados em detectar rapidamente. Desta forma, se a mudança é expressa em unidades de desvio padrão como  $\mu_1 = \mu_0 + \delta\sigma$ , então  $K$  é a metade da magnitude da mudança dada por

$$K = \Delta/2 = |\mu_1 - \mu_0|/2 = \delta/2\sigma \quad (10)$$

Se  $C_i^+$  ou  $C_i^-$  ultrapassar o intervalo de decisão  $H$ , o processo será considerado fora de controle estatístico. Para um melhor desempenho do gráfico de soma acumulada, recomenda-se que seja utilizado um valor de  $K$  igual a 0,5 vezes o valor do desvio padrão ( $\sigma$ ) e o  $H$  como quatro ou cinco vezes o valor do  $\sigma$ . Isto se justifica, pois se utilizarmos esses respectivos valores, o CUSUM apresentará boas propriedades do ARL contra uma mudança de cerca de  $1\sigma$  na média do processo (Montgomery, 2004). Notavelmente observa-se a maior sensibilidade dos gráficos CUSUM no que tange as alterações nos processos em estudo.

### 2.3 Gráfico de controle de Média Móvel Exponencialmente Ponderada – EWMA

O gráfico da média móvel exponencialmente ponderada (EWMA), indicado para detecção de pequenas mudanças, são responsáveis por verificar o deslocamento no processo. Sob a suposição de normalidade, o EWMA dá-se a partir da linha central e os limites de controle, conforme descrito na seguinte equação (Sousa, Alexandre, Freitas & Rodrigues, 2014):

$$LSC = \mu_0 + L\sigma/2 - [1 - \lambda]; \quad (11)$$

$$LC = \mu_0; \quad (12)$$

Os limites apresentam um  $L$ , representando o coeficiente dos limites e é o desvio padrão do processo estimado. Contudo, os limites de controle podem variar conforme as observações analisadas, sendo que o aumento de  $i$ , número de ordem da observação, implica na tendência de que resulte na unidade (Trentin, 2010).

O EWMA, além de utilizado no controle estatístico de processos, pode ser utilizado para estimação em séries temporais. No caso de controle



estatístico, visa-se a utilização para observações individuais, caracterizando-se como mensuráveis (Trentin, 2010).

## 2.4 Aplicações do CEP

O uso de CEP se intensificou nos ambientes de manufatura após a popularidade alcançada Programas Seis Sigma. Em linhas gerais, o Seis Sigma vale-se de uma sistematização na qual as decisões se baseiam em dados e fatos concretos, e na aplicação de uma visão holística de solução de problemas e tomada de decisão decorrente do pensamento estatístico (Raisinghani, 2005; Schroeder, 2008; Santos & Martin, 2010; Tjahjono, 2010; Mehrjerdi, 2011).

Segundo Antony, Kumar and Madu (2005) e Makrymichalos, Antony, Antony and Kumar (2005) as ferramentas e técnicas estatísticas mais usadas pelas pequenas e médias empresas são: diagrama de causa e efeito, gráficos de controle, gráfico de Pareto, histograma, análise de capacidade do processo, ANOVA, aliadas com outras de enfoque em processo e qualidade como o mapa de processos, o desdobramento da função qualidade (QFD) e análise de modo e efeito da falha (FMEA).

Técnicas distintas já foram utilizadas, para os mais variados fins, em diversas áreas industriais. Como exemplos, pode-se citar autores como Silveira e Werner (2011), Shu e Wu (2011), Chih, Yeh e Li (2011), Engin (2008), Souza, Ribeiro Júnior, Reis e Ide (2008), Souza, Domingos Filho e Samohyl (2007), Bertrand e Fransoo (2002).

No que tange a indústria alimentícia, Srikaeo e Hourigan (2012) ilustram a aplicação de gráficos de controle para avaliar os pontos críticos de controle em um sistema de análise de perigos e pontos críticos de controle (HACCP) em um processo de lavagem comercial de cascas de ovos. Zabihinpour, Ariffin, Tang e Azfanizam (2015) aplicam gráficos de controle para avaliar a qualidade do macarrão em uma indústria alimentícia,

propondo gráficos de Shewhart de média e desvio padrão juntamente com a lógica *fuzzy*.

Seidel, Lopes, Ansuj and Zanella (2011) apresentam um estudo com a utilização de gráficos de controle e análise fatorial para avaliar a qualidade de uma matéria-prima com base em especificações físico-químicas e classificar os fornecedores de leite de uma indústria de laticínios. Daminelli (2013) objetivou em seu trabalho analisar e verificar as principais causas de variabilidade do peso do biscoito de maisena através do uso dos gráficos de controle de Shewhart e cálculo da capacidade do processo.

Ressalta-se que trabalhos que abordam a utilização do CEP refletem ou objetivam resultados significativos na redução de custos operacionais, redução de desperdícios, aumento da qualidade dos produtos, maior eficiência dos processos, e demais fatores intrínsecos ao sucesso e destaque das organizações frente aos seus concorrentes (Mucidas, 2010; Vieira, Andrade, Barbosa, Araujo Junior & Queiroz, 2013; Faria, Andrade & Silva, 2006).

## 3 Metodologia

O método funciona como norteador do estudo, pois esclarece os procedimentos a serem seguidos, delimitando o tema central, os meios de coleta de dados e as técnicas de análise dos mesmos. Para tanto, o método científico une um conjunto de técnicas, a pesquisa e o conhecimento acerca do assunto proposto, sendo que no momento inicial alguns fatores são imprescindíveis para o sucesso do trabalho, dentre eles a definição da coleta de dados, da abrangência do estudo, das limitações e delimitações, e da natureza da pesquisa (Prodanov & Freitas, 2013; Gil, 2010).

Iniciando a contextualização metodológica apresenta-se o objeto e variável envolvidos no es-

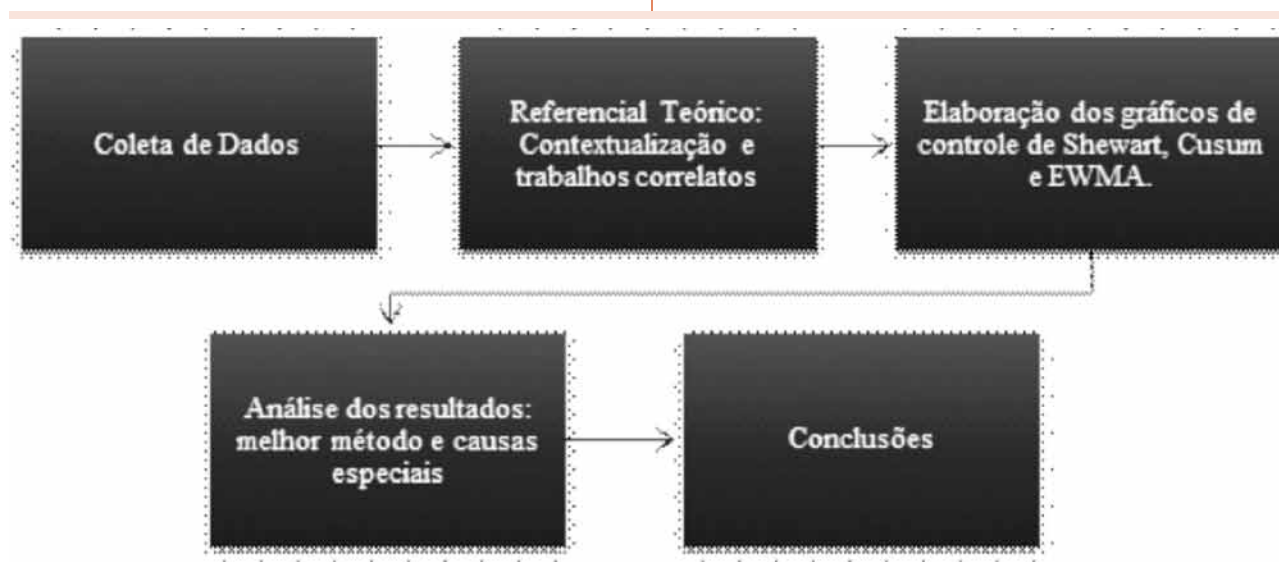
tudo. Como citado anteriormente, a empresa situada em Santa Catarina possui em sua linha de produção derivados de aves, suínos, gado e leite. Em função de problemas já identificados no processo produtivo, do peso real do pacote de 5 kg de salsichas tipo *hot dog*, como perdas de embalagens e retrabalho, optou-se por investigar as falhas por meio do CEP.

Obtendo conhecimento indispensável para dar sequência as aplicações dos gráficos de controle, tem-se as especificações do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), órgão regulamentador, o qual descreve que para esse produto embalado são especificadas as seguintes normativas: (a) peso central: 5000g e; (b) limite superior e inferior  $\pm 1,5\%$ .

A fiscalização do INMETRO é intensificada para o subpeso (1,5% para baixo), sob o foco de que o consumidor não leve menos do que a quantia pelo qual está pagando. Assim, a empresa trabalha com limite de sobre peso de 250g como medida para evitar o risco de produção de embalagens com subpeso, ou seja, se aceita pacotes do produto com até 5% de peso a mais que 5 kg. Para que não haja custos adicionais envolvidos no peso real das

embalagens finais, a empresa trabalha com uma nova meta de sobre peso, a qual é fixada em 2% (100g) ao invés de 5%. Entretanto, o valor observado tem sido próximo 8% (400g), o que reflete em aumento considerável dos custos envolvidos, visto que há reprocesso.

Sabendo que a empresa possui dificuldades em relação a pesagem desse produto, iniciou-se imediatamente pela coleta de dados. Em vista disso, a Figura 2 destaca as etapas metodológicas, de modo que após a coleta de dados contextualiza-se o assunto por meio da construção do referencial teórico, assim como a pesquisa de trabalhos correlatos, com o intuito de obter informações sobre pesquisas pertinentes ao tema abordado. A partir dos dados coletados e da análise teórica, formando uma relação entre conhecimento acerca do tema e as variáveis propriamente ditas, tem-se então a elaboração dos gráficos de controle. Por fim, os resultados obtidos são analisados, de forma a confrontá-los no que se refere aos diferentes tipos de gráficos elaborados, averiguando o melhor método de aplicação do CEP no caso das embalagens de salsicha, consequentemente examinando quais são as possíveis



**Figura 2: Etapas metodológicas abordadas na pesquisa**

Fonte: Elaborada pelos autores.



causas especiais, e finalizando com as considerações cabíveis ao tema.

A coleta de dados limitou-se ao período de 06/01 a 22/09/2015, totalizando 199 dias em dois turnos de trabalho e abrangendo cinco máquinas, as quais são as embaladoras do produto. Aliás, os dados foram coletados quatro vezes por turno, sempre no mesmo horário, seguindo a mesma rotina durante o andamento da pesquisa. O responsável pela coleta foi um funcionário da própria empresa que ocupa o cargo de analista do controle de qualidade, o qual tomava nota dos pesos obtidos nas balanças das próprias embaladoras. Em cada horário era realizada a coleta de 25 amostras, sendo cinco para cada máquina embaladora.

Desta forma foram coletadas 100 amostras por dia, referente às cinco máquinas embaladoras nos dois turnos de produção, sendo assim o número total de amostras para as cinco embaladoras chega a 39800, sendo que 7960 é a amostra específica por máquina, a qual engloba os dois turnos. Salienta-se que não se considerou a divisão por turnos de trabalho, com isso os gráficos foram elaborados por máquina.

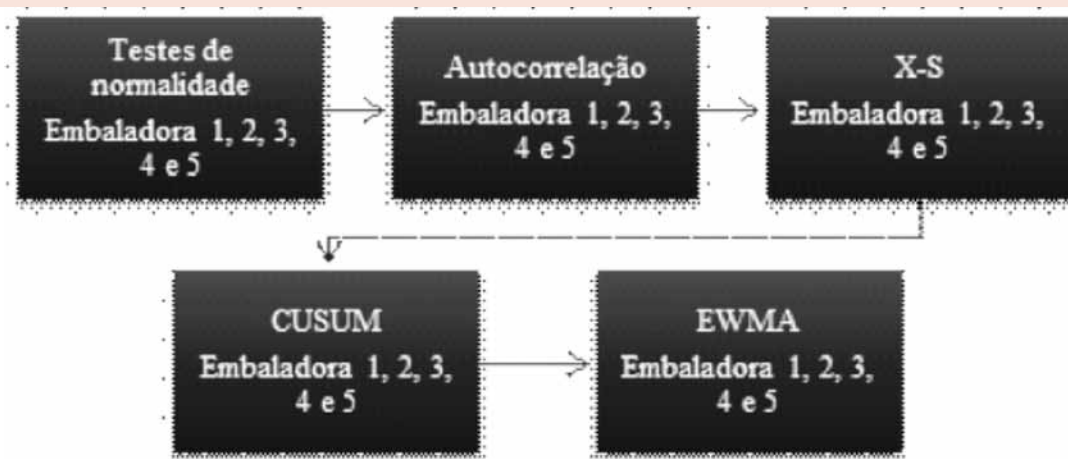
Quanto à etapa de elaboração dos gráficos de controle, inicialmente foram realizados testes de

normalidade e de auto correlação das amostras, individualmente por embaladora. Assim, posteriormente pode-se construir gráficos de controle para cada embaladora, sendo gerados quatro para cada uma, totalizando vinte na análise geral. De forma simplificada, pode-se observar as etapas da elaboração dos gráficos na Figura 3.

Para os gráficos de Shewhart, optou-se pela construção dos gráficos de média e desvio padrão e S, pois segundo os autores que compreende o referencial teórico usa-se quando o tamanho da amostra é grande, ou seja, maior que 10 ou 12, ou seja, é o caso desta pesquisa.

Posteriormente a elaboração dos gráficos de controle foi realizada a análise dos resultados comparando os tipos de gráfico e identificando qual o mais adequado para monitorar o processo. Foi realizada uma discussão das causas especiais e particularidades de cada método, e por meio de um diagrama de causa e efeito, foram identificados as causas e os efeitos.

Para a construção dos gráficos de controle foi utilizado o software *Statistica 7*® e para o diagrama de causa e efeito e outras análises foi utilizado o *Action*, um suplemento do Excel®.



**Figura 3: Procedimentos e etapas adotadas na elaboração dos gráficos de controles de Shewhart, CUSUM e EWMA**

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 4 Resultados e discussões

Para utilizar um gráfico de controle deve-se validar a suposição de normalidade da amostra e para isso realizou-se os testes de normalidade de Anderson-Darling, Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk ( $\alpha=5\%$ ) para as cinco amostras (embaladoras), os resultados podem ser observados na Tabela 1.

Conforme observado na Tabela 1 os dados das cinco embaladoras seguem a distribuição normal, visto que para os dados da Embaladora 1, 3 e 4, todos os p-valores encontrados foram maiores que  $\alpha=5\%$ . Para a embalagem 2 o teste de Shapiro-Wilk resultou p-valor menor que 5%, entretanto, os outros dois testes indicam que os dados são normais. Por fim, para a embalagem 5, o teste de Anderson-Darling resultou um p-valor menor que 0,05, entretanto, os outros dois testes permitem concluir que os dados são normais.

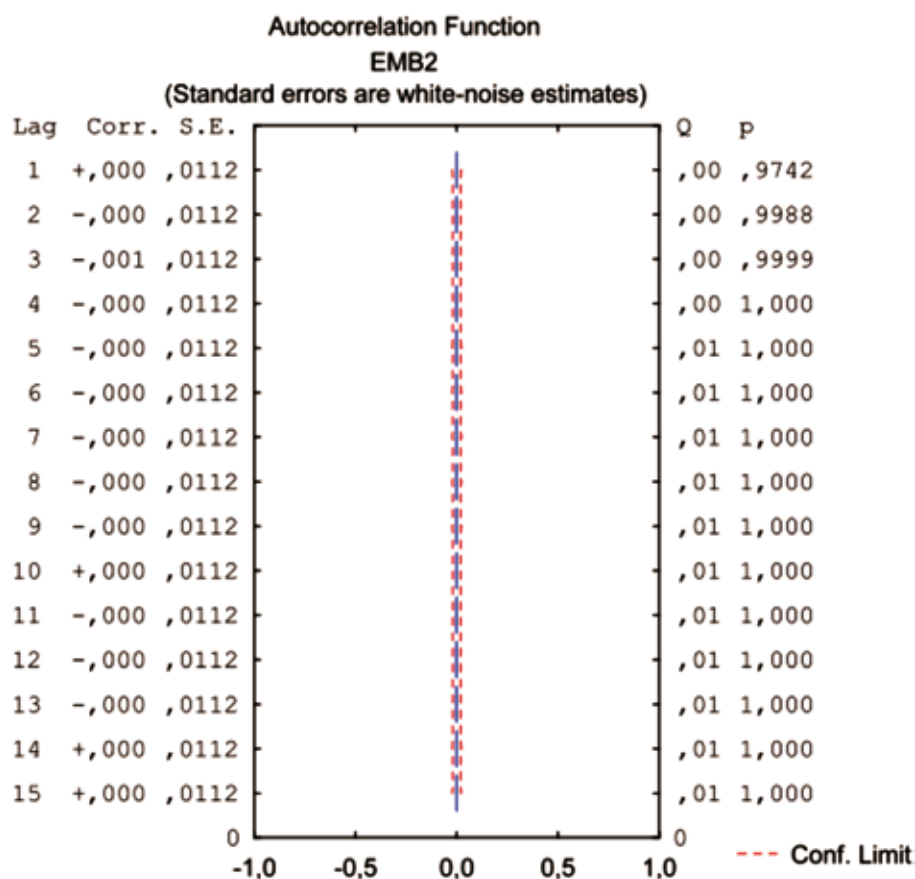
Na Figura 4 é possível observar o correlograma da variável Embaladora 2, onde verifica-se que a amostra da embalagem 2 atende o pressuposto de não auto correlação. Salienta-se que todas as embaladoras apresentaram amostras não auto correlacionadas, assim, os demais correlogramas não são apresentados neste trabalho.

Uma vez que as amostras seguem a distribuição normal e não são auto correlacionadas é possível construir os gráficos de controle. Também foram calculadas medidas estatísticas básicas para conhecer melhor as amostras, de

**Tabela 1: Testes de normalidade para as embaladoras**

Testes	Embaladora	Estatística	p-valor
Anderson-Darling	1	0,21953579	0,834323497
	2	0,54001781	0,170763895
	3	0,51642288	0,187986624
	4	0,45039269	0,27280796
	5	1,02113771	0,010686925
Kolmogorov-Smirnov	1	0,03537993	0,786928679
	2	0,05027911	0,253305783
	3	0,0465566	0,36537026
	4	0,05160132	0,219927474
	5	0,05924381	0,086097911
Shapiro-Wilk	1	0,99662309	0,943755413
	2	0,9779931	0,003219889
	3	0,98004129	0,062006987
	4	0,99107423	0,258262139
	5	0,99088347	0,200457338

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 4: Gráfico de função de auto correlação da Embaladora 2**

Fonte: Elaborada pelos autores.

modo que na Tabela 2 é possível observar os valores de média, desvio padrão, máximo e mínimo das amostras referentes a cada embaladora.

**Tabela 2 - Estatística básica das amostras dos pesos das embalagens de salsicha**

	N	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão.
<b>Embaladora 1</b>	7960	5,036877	4,898000	5,620000	0,027792
<b>Embaladora 2</b>	7960	5,032458	4,980000	5,178000	0,025905
<b>Embaladora 3</b>	7960	5,035870	4,980000	5,160000	0,024631
<b>Embaladora 4</b>	7960	5,035810	4,941000	5,220000	0,026046
<b>Embaladora 5</b>	7960	5,033362	4,895000	5,350000	0,027764

Fonte: Elaborada pelos autores.

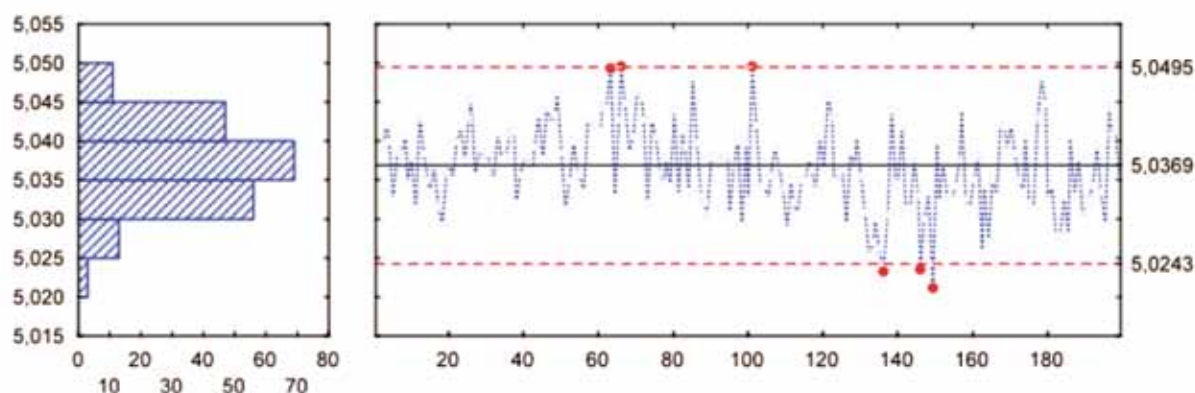
Analisando a Tabela 2 é possível observar que a Embaladora 1 tem a maior média dos pesos dos produtos, com 5,036877 kg, e a Embaladora 2 apresenta a menor média, 5,032458 kg. Nota-se que a Embaladora 1 além de ter a maior média, tem também a maior dispersão, com um desvio padrão de 0,027792, a Embaladora 5 também apresentou grande dispersão com desvio padrão de 0,027764. A menor variação foi encontrada na Embaladora 3, com desvio padrão de 0,024631. Conhecendo as amostras, parte-se para a construção dos gráficos de controle. Aos dados originais foram aplicados gráficos de controle de Shewhart (X-S), CUSUM e EWMA.

## 4.1 Gráficos para estudo da Embaladora 1

A apresentação das análises seguiu a seguinte ordem: Gráfico de Shewhart (X-S), CUSUM e EWMA. A Figura 5 mostra o gráfico de Shewhart (X) com seis pontos fora dos limites de controle.

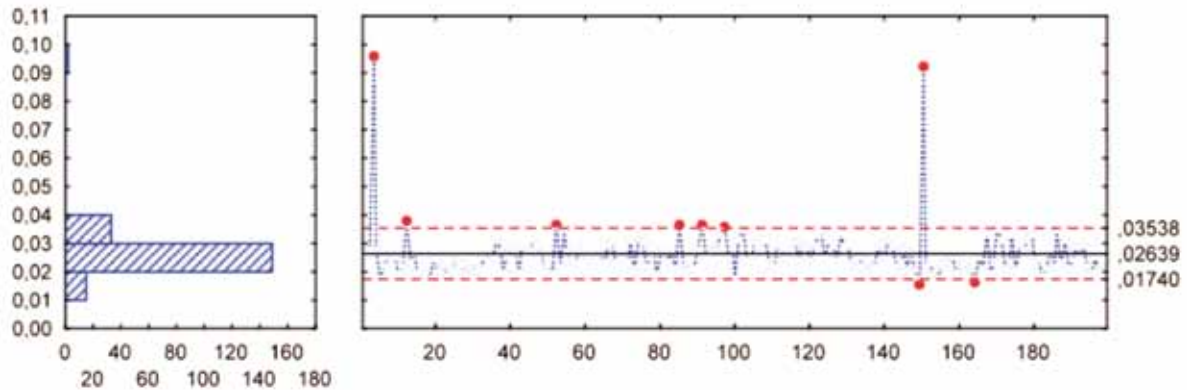
Observa-se que 3% das amostras estão fora dos limites estabelecidos, sendo que destes, três pontos estão acima do LSC e três pontos estão abaixo do LIC. Os dados localizados acima do LSC são mais alarmantes, uma vez que se encontram com peso acima do valor alvo (5kg), como é o foco das análises deste trabalho. O gráfico de Shewhart apresenta os dados bem distribuídos em torno do LC (5,0369kg), para os dados da embaladora 1.

No que se refere ao gráfico de Shewhart a partir do desvio padrão, 4,5% dos pesos analisados estão fora dos limites de controle. Destes, a maioria encontra-se acima do LSC, o que demonstra o problema da embaladora com produtos com variabilidade no peso das amostras, confirmando o que foi demonstrado na Tabela 2, na qual a



**Figura 5: Gráfico de controle de média de Shewhart da embaladora 1**

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 6: Gráfico de controle de desvio padrão de Shewhart da embalagem 1**

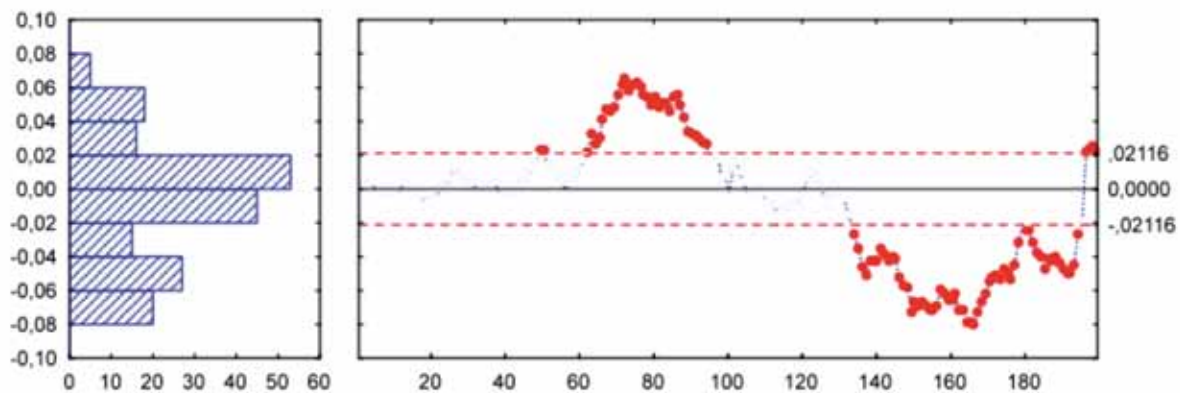
Fonte: Elaborada pelos autores.

embaladora 1 apresentou o maior valor de desvio padrão. Da mesma forma, elaborou-se o gráfico CUSUM, apresentado na Figura 7.

Ao comparar o gráfico apresentado na Figura 7 com o gráfico apresentado na Figura 5, observa-se que a partir da quadragésima amostra os dados concentram-se mais acima do LC. Uma vez que o CUSUM considera uma soma acumulada, em teoria este gráfico de controle traz o alarme de dados acima do LSC mais rapidamente do que os gráficos de Shewhart. Confirma-se tal fato visto que na Figura 5, apenas tem-se pontos acima do LSC após a sexagésima amostra sendo que na Figura 7, já se evidencia a existência de pontos acima do LSC próximo à quinquagésima amostra.

Os pontos abaixo do LIC também são apontados com antecedência no gráfico de CUSUM. Observa-se que as últimas observações apresentam uma tendência crescente, levantando suspeitas da ocorrência de um aumento no valor médio do peso do produto, e consequentemente no nível médio do processo.

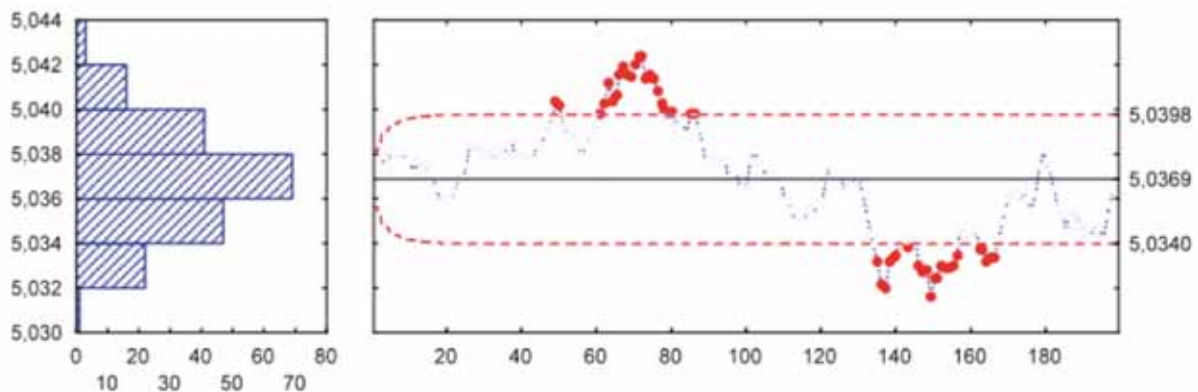
O gráfico EWMA, apresentado na Figura 8 também traz o alarme de dados fora dos limites de controle mais rapidamente quando comparado aos gráficos de Shewhart. Entretanto, como pode ser observado, não há evidências de tendência no aumento do nível médio do processo no que tange as últimas observações.



**Figura 7: Gráfico CUSUM para embalagem 1**

Fonte: Elaborada pelos autores.





**Figura 8: Gráfico EWMA para Embaladora 1**

Fonte: Elaborada pelos autores.

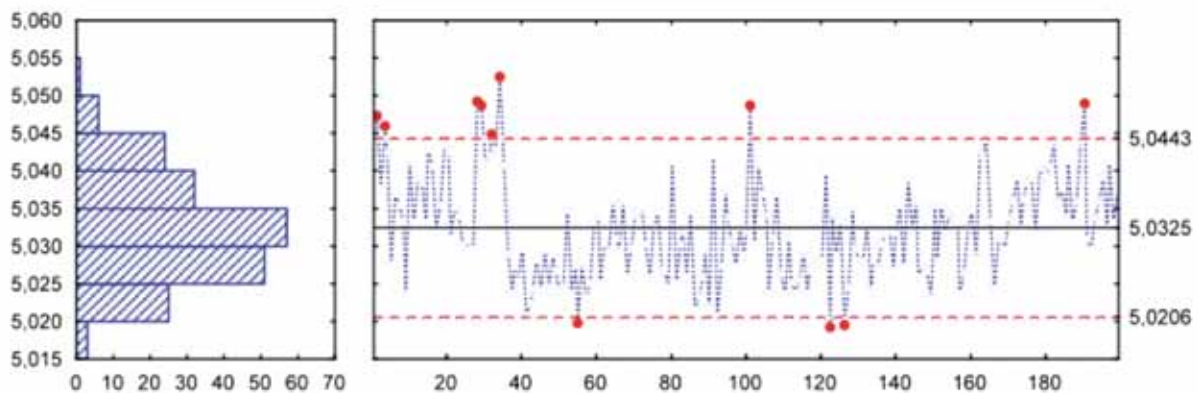
Por apresentar essa tendência de crescimento do peso médio dos produtos, o gráfico de controle CUSUM demonstra ser um método eficaz para monitorar o processo para a embaladora 1, enfatiza-se, entretanto, que o gráfico de controle EWMA também apresentou boa eficácia visto que também apontou causas especiais antes que o gráfico de Shewhart.

## 4.2 Gráficos para estudo da Embaladora 2

Realizando o estudo da embaladora 2, observa-se no gráfico de Shewhart (X), na Figura 9, que de 11 amostras fora dos limites de controle, oito delas estão além do LCS.

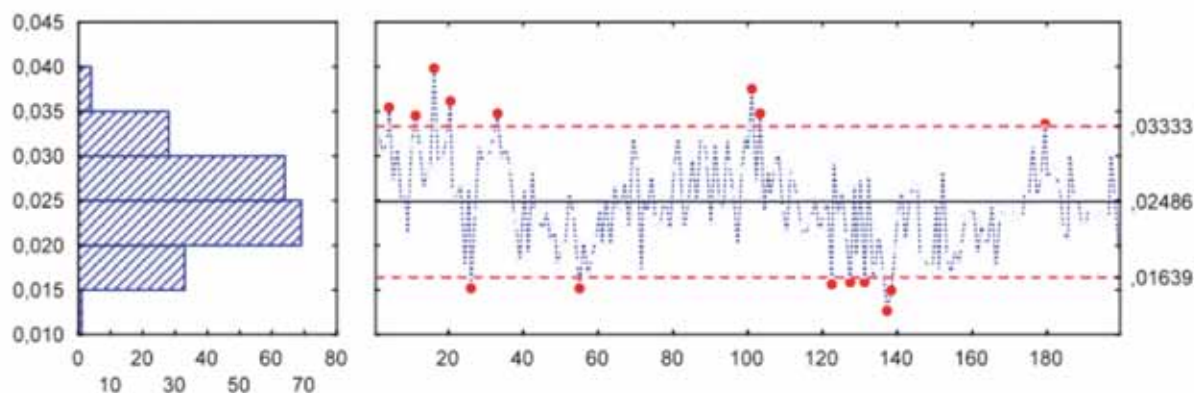
Pode-se observar uma mudança no comportamento dos pesos analisados próxima a quadragésima amostra. Os dados encontravam-se concentrados próximo ao LSC, provavelmente alguma ação corretiva deve ter sido tomada, pois a distribuição dos dados concentrou-se, após a quadragésima amostra, de forma significativa, próxima ao LIC. Entretanto, a partir da amostra 160 os pesos voltaram a indicar proximidade ao LSC, com constatação de uma amostra acima do LSC após a observação 180.

Considerando o gráfico de Shewhart (S), conforme a Figura 10, tem-se maior variabilidade do processo em relação ao LC, entretanto, também pode-se observar 15 amostras fora dos limites de controle.



**Figura 9: Gráfico de controle de média de Shewhart da embaladora 2**

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 10: Gráfico de controle de desvio padrão de Shewhart da Embaladora 2.**

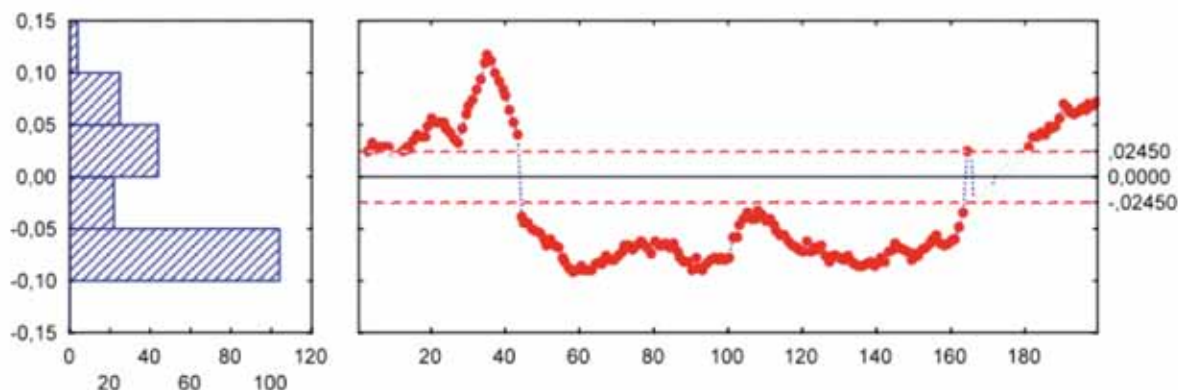
Fonte: Elaborado pelos autores.

Da mesma forma que o gráfico de Shewhart (X), apontado na Figura 9, observa-se no gráfico a partir do desvio padrão (Figura 10) que 4,02% das amostras estão acima do LSC. Já abaixo do LIC, temos 1,15% para o gráfico da média contra 3,51% para o gráfico do desvio padrão, o gráfico demonstra uma grande variabilidade nos dados, isso vai de encontro ao que foi visto na Tabela 2, referente ao valor de desvio padrão da embalagem 2.

Ao analisar o gráfico CUSUM, na Figura 11, há maior evidência de pontos acima do LSC para os primeiros dados analisados, seguindo esse comportamento de descontrole estatístico até aproximadamente a observação 45, onde o gráfico CUSUM passa a indicar pontos abaixo do LIC,

seguindo assim até próximo à observação 165. Dessa forma, fica nítido que quando se compara este comportamento com os gráficos de Shewhart, tem-se o alarme de causa especial de forma mais rápida, concordando com a teoria.

Além do mais, neste gráfico tem-se a indicação de que os pesos dos produtos apresentam uma tendência de se distanciar do LC, ultrapassando o LSC, elevando a média do processo. Ressalta-se ainda que essa embalagem, conforme visto no gráfico CUSUM, apresenta menos de 10% dos dados analisados considerados dentro das faixas de limites de controle, o que indica necessidade de ações corretivas sobre as causas especiais.



**Figura 11 - Gráfico CUSUM para Embaladora 2**

Fonte: Elaborado pelos autores.



O gráfico EWMA para a embaladora 2, apresentado na Figura 12, indica interpretações similares ao CUSUM, entretanto, mostra a concentração de algumas amostras entre o quadragésimo quinto dado e o centésimo oitavo dado, dentro dos limites superior e inferior estabelecido.

Destaca-se ainda que o LSC para o EWMA é menor do que o LSC do gráfico Shewhart, o que leva ao alarme de pontos fora do LSC mais rapidamente do que para o gráfico de Shewhart, como pode ser confirmado após a centésima oitava observação.

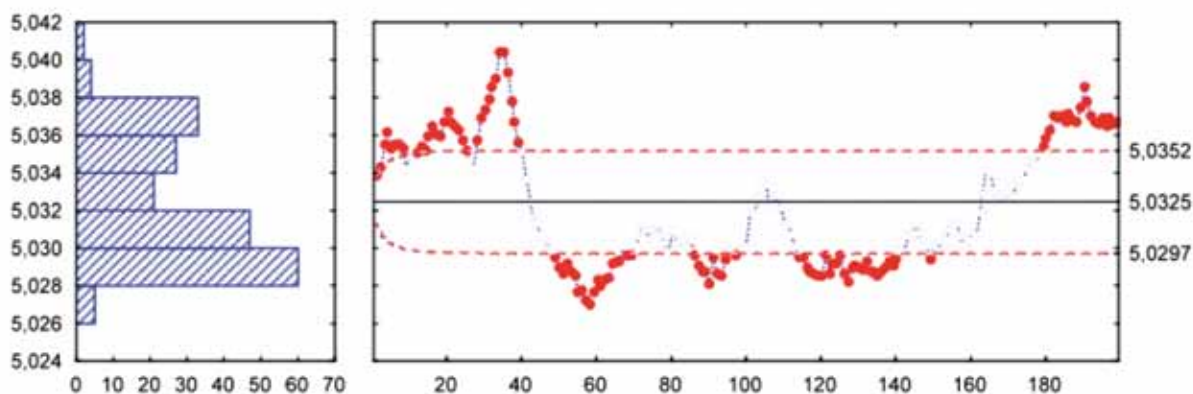
Para essa embaladora o gráfico de controle EWMA, indica mais rapidamente o alarme de

amostras fora de controle estatístico, portanto compreende-se que, para essa máquina, esse gráfico é mais adequado para monitoramento do processo.

### 4.3 Gráficos para estudo da Embaladora 3

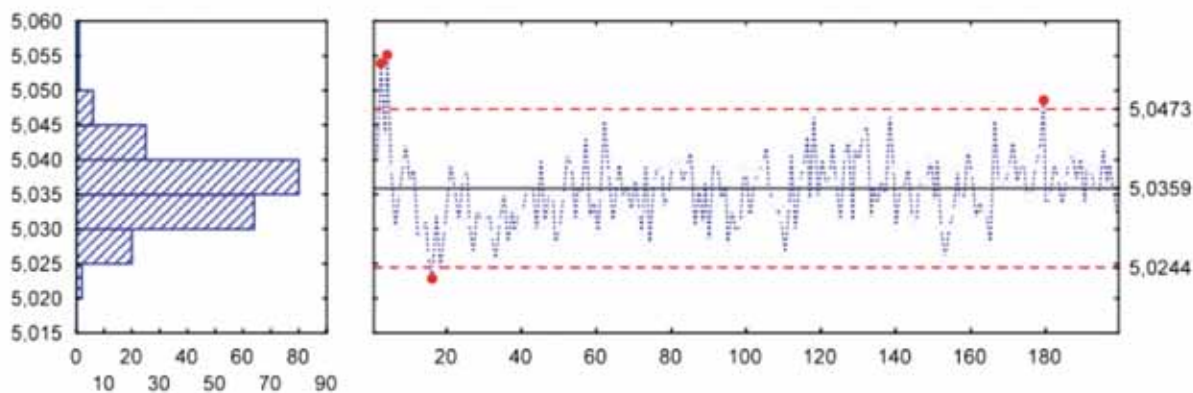
A embaladora 3 apresenta os dados bem distribuídos em torno do LC do gráfico de Shewhart, como pode ser visto na Figura 13.

Nota-se que apenas quatro amostras se encontram fora dos limites de controle. Assim, aproximadamente 98% dos dados analisados encontram-se em controle estatístico. Entretanto, ao



**Figura 12: Gráfico EWMA para Embaladora 2**

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 13 - Gráfico de controle de média de Shewhart da Embaladora 3**

Fonte: Elaborada pelos autores.

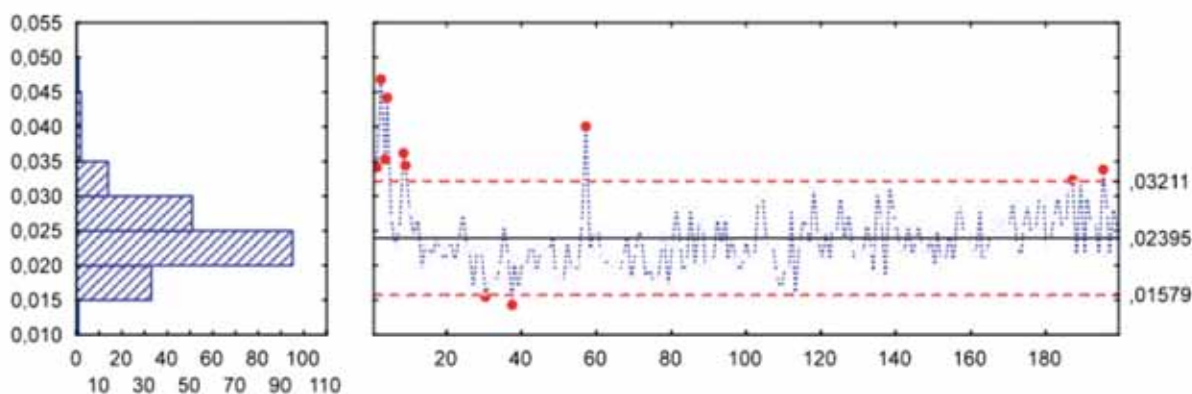
observar o gráfico de Shewhart – S (Figura 14), 5,5% dos dados encontram-se fora dos limites.

Das amostras fora dos limites de controle, aproximadamente 82% estão aquém do LSC, esse fato confronta-se com o que pode ser visto na Tabela 2, onde mostrou que a Embaladora 3 tem o menor desvio padrão entre as cinco máquinas, mostrando que mesmo com uma variabilidade pequena, há uma tendência de que o desvio padrão fique fora de controle estatístico.

A Figura 15 apresenta o gráfico CUSUM da embaladora 3. Constata-se que o maior descontrole do processo se encontra entre a vigésima e a sexagésima observação. A partir desta, o processo

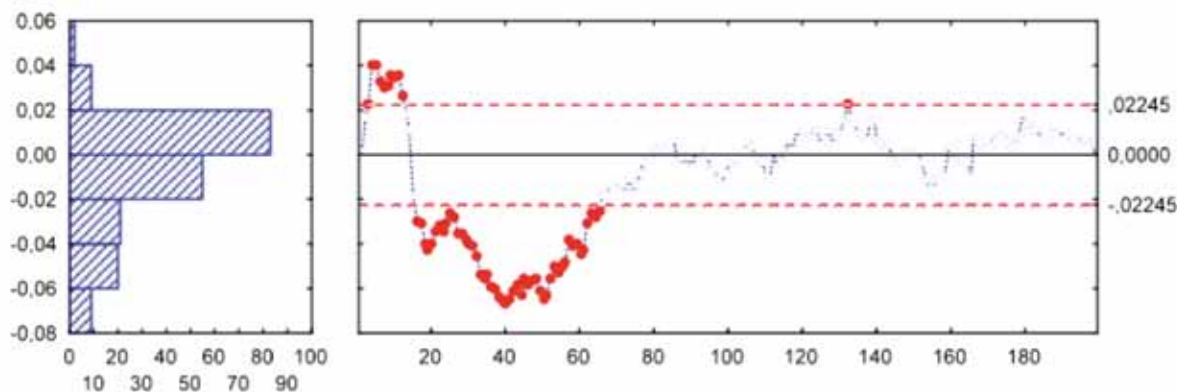
passa a operar sob controle estatístico, apresentando apenas uma amostra aquém do LSC próximo a observação 130.

Alguma ação corretiva pode ter sido tomada para que este comportamento fosse observado, entretanto, considerando a disposição dos dados no gráfico de Shewhart (X), evidencia-se que a alteração do comportamento da distribuição das amostras deve-se ao fato da concentração dos dados abaixo do LC até aproximadamente a amostra 50 (distribuição observada na Figura 13 e 14), seguindo posteriormente distribuição das amostras mais homogêneas em torno do LC. Assim, devido a utilização de somas acumuladas, os pontos



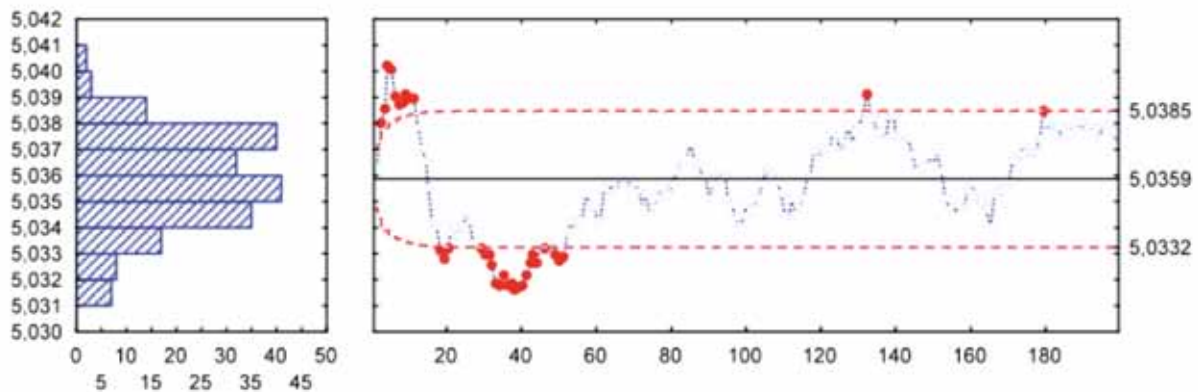
**Figura 14: Gráfico de controle de desvio padrão de Shewhart da Embaladora 3**

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 15: Gráfico CUSUM para Embaladora 3.**

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 16: Gráfico EWMA para Embaladora 3**

Fonte: Elaborada pelos autores.

abaixo do LIC no início das observações podem ser justificados, confirmando-se o descontrole do processo nesses pontos.

Em relação à observação 130 fora de controle estatístico, pode considerar-se um alarme, de que a média do processo pode ter uma tendência de crescimento, isso pode ser observado depois da amostra 150 até a 180 onde apresenta essa tendência. Porém, mesmo com a elevação da média do processo, as amostras continuaram sob controle estatístico, sendo útil como alerta de tendência de um comportamento cíclico. Observa-se na Figura 16, no gráfico EWMA, um comportamento similar ao gráfico CUSUM.

Após a observação 180 há evidências de que o processo esteja se afastando do LC, com as distribuições dos dados mais próximas ao LSC. Assim, pode-se considerar que para a embaladora 3, o gráfico EWMA alerta mais rapidamente o descontrole do processo. O gráfico EWMA reforça a evidência de comportamento cíclico observada no gráfico CUSUM.

Destarte, para a embaladora 3 o gráfico de controle EWMA é mais apropriado para monitorar o processo, evidenciando mais rapidamente alarmes de descontrole do processo.

#### 4.4 Gráficos para estudo da Embaladora 4

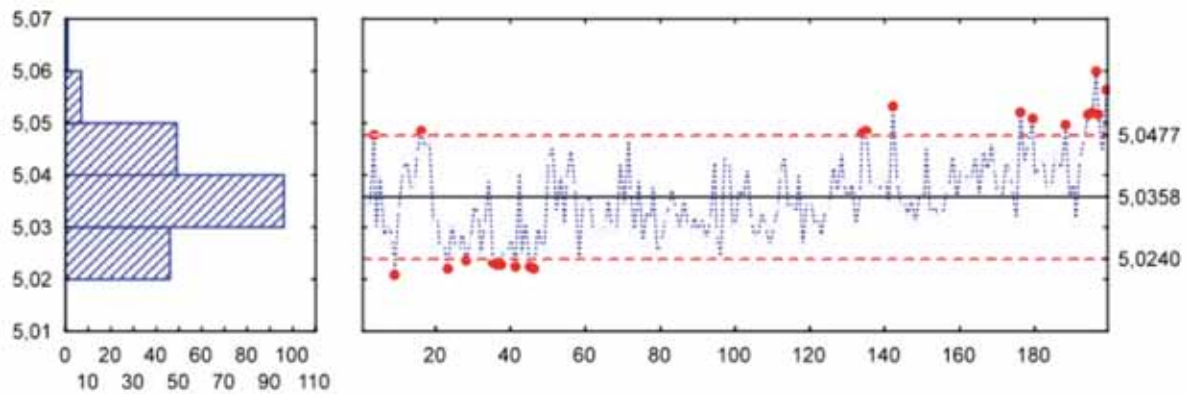
Conforme observado na Figura 17 o gráfico de Shewhart (X) para a embaladora 4, há uma concentração de pontos fora dos limites calculados tanto no início, quanto no final dos dados coletado.

Aproximadamente 11% dos dados estão fora do controle estatístico, sendo mais preocupante para indústria, os 56% destes que são pesos acima do LSC, afastando-se positivamente do valor alvo.

O gráfico de Shewhart (S), apresentado na Figura 18, mostra valores acima do LSC para o desvio padrão. Assim, 5,5% dos dados estão fora do LSC, não havendo evidências de descontrole abaixo do LIC. Pode-se perceber que mesmo a amostra da embaladora 4 não tendo um valor de desvio padrão alto, de 0,026046, constata-se uma grande tendência do valor do desvio padrão ficar acima da LC, o que evidencia que o processo desta tem uma variabilidade considerável e preocupante.

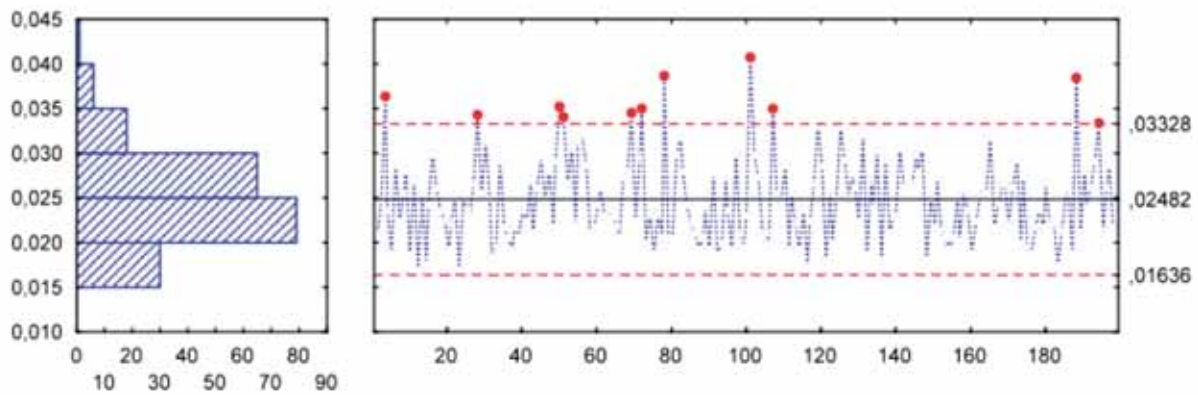
Uma vez que o gráfico CUSUM, observado na Figura 19, considera a soma acumulada dos valores, o alarme para descontrole do processo é visto mais rapidamente, concordando com a teoria.

Há evidencia de que a média de pesos do processo esteja aumentando ao fim dos dados coleta-



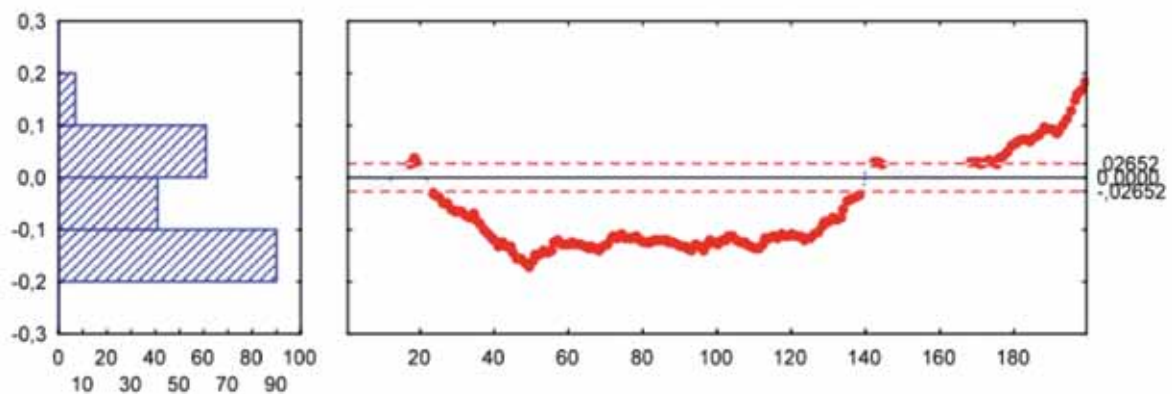
**Figura 17: Gráfico de controle de média de Shewhart da Embaladora 4**

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 18: Gráfico de controle de desvio padrão de Shewhart da Embaladora 4**

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 19: Gráfico CUSUM para Embaladora 4**

Fonte: Elaborada pelos autores.

dos. Consta-se que para esse gráfico, grande parte dos dados estão fora dos limites estabelecidos.

O gráfico EWMA, apresentado na Figura 20, também apresenta a evidência de que o processo



se desloque positivamente do valor alvo, após os dados coletados, alarmando quanto a necessidade de ações a serem tomadas para correção de possíveis falhas.

Assim como já constatado, o fato de o alarme ser evidenciado mais rapidamente no gráfico EWMA, quando comparado ao gráfico de Shewhart, pode ser justificado considerando os valores calculados dos limites de controle superiores, sendo este menor para o gráfico EWMA.

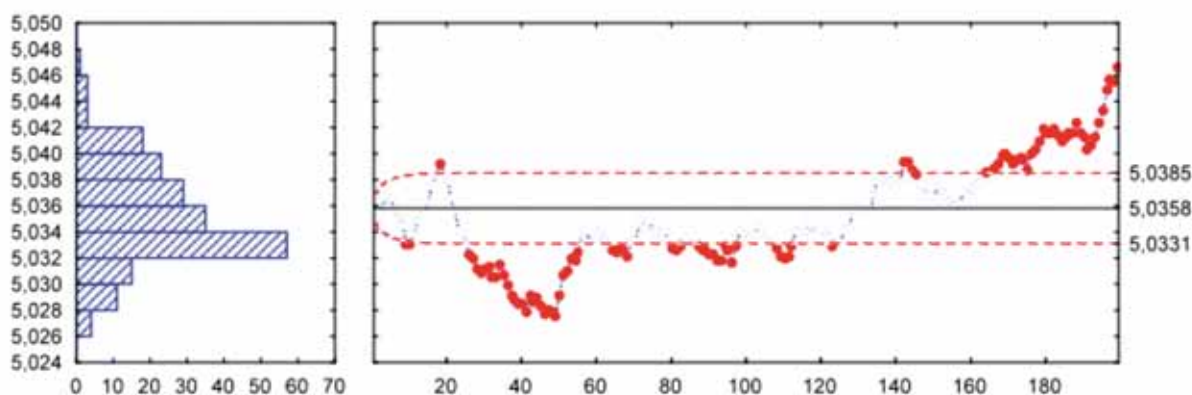
Para a embalagem 4, fica evidente que o melhor gráfico para monitorar o processo é o gráfico de controle EWMA, visto que este, identifica mais rapidamente o descontrole na média do processo.

## 4.5 Gráficos para estudo da Embaladora 5

Ao comparar o resultado do gráfico de Shewhart (X) da embalagem 5 (Figura 21), com as demais máquinas, constata-se que esta é a que mais apresenta dados fora dos limites de controle.

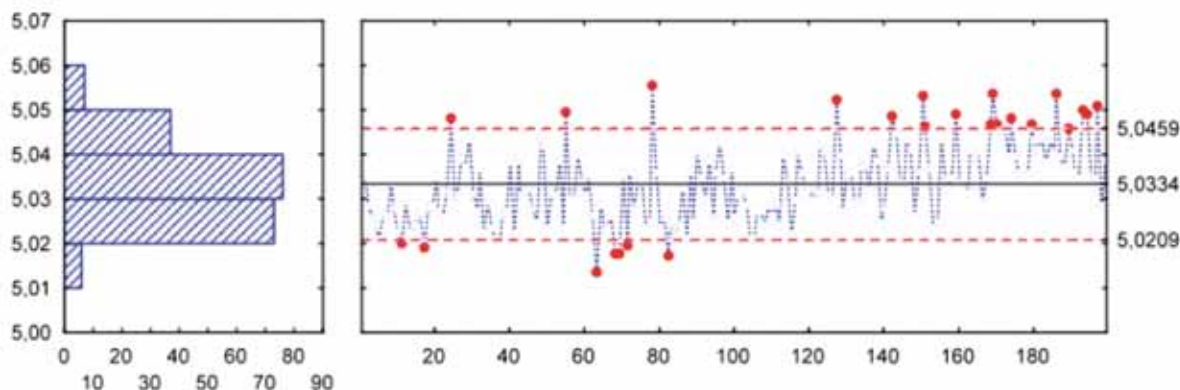
Uma maior atenção deve ser dada, uma vez que os valores são mais concentrados acima do LSC. Assim, há evidências de que a máquina que mais gera perdas para a indústria, devido ao emble de pacotes com sobrepeso, seja a embalagem 5, mesmo que a média da amostra seja a segunda menor, com 5,033362 kg.

O gráfico de Shewhart (S), observado na Figura 22, confirma a grande variabilidade nos dados.



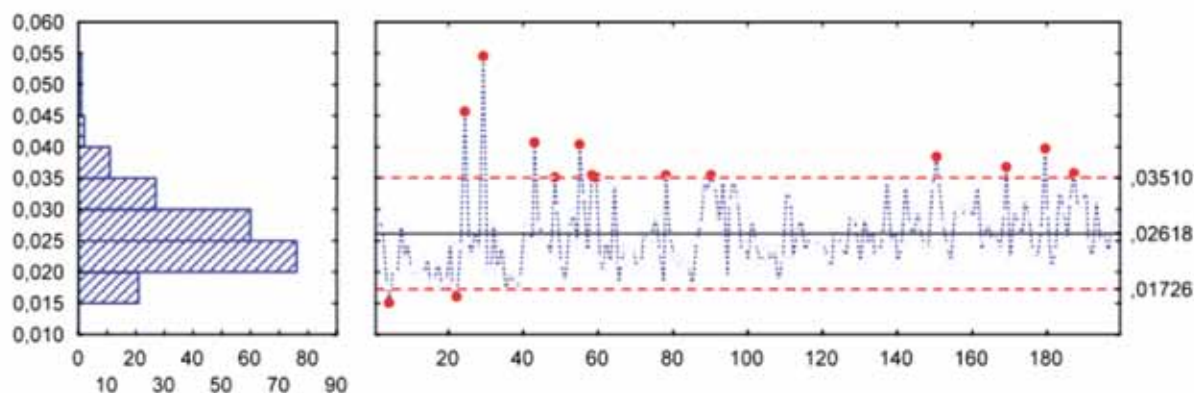
**Figura 20: Gráfico EWMA para Embaladora 4**

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 21: Gráfico de controle de média de Shewhart da Embaladora 5**

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 22: Gráfico de controle de desvio padrão de Shewhart da Embaladora 5**

Fonte: Elaborada pelos autores.

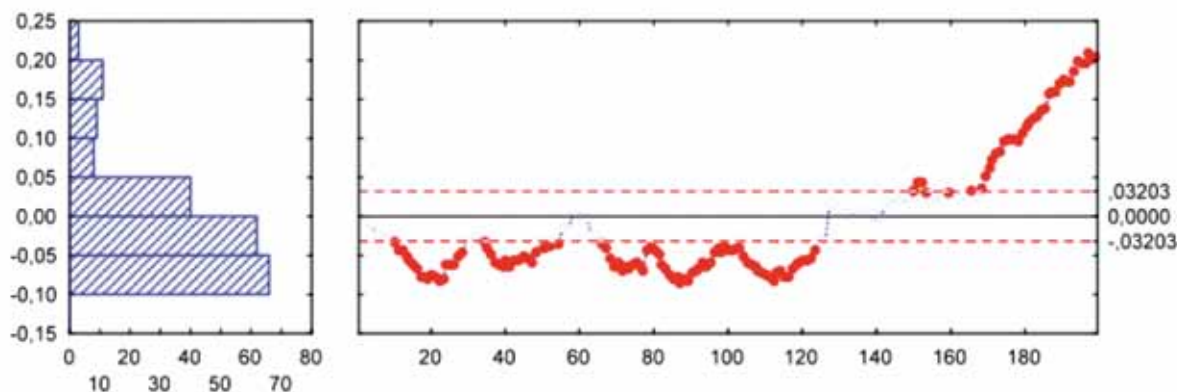
Aproximadamente 7,5% dos dados apresentam-se fora do controle estatístico. Destes, 13 dados encontram-se acima do LSC, indicando uma tendência de grande dispersão da amostra, podendo ser confirmado pelo valor do desvio padrão demonstrado na Tabela 3, onde o valor da Embaladora 5 foi o segundo menor, 0,027764, evidenciando essa dispersão.

Tendo sob foco de análise o gráfico CUSUM, apresentado na Figura 23, além de todas as análises já realizadas, características deste gráfico, como por exemplo, a rapidez na detecção de alarmes, a indicação de tendência de continuar evidenciando crescimento da média dos pesos dos produtos para a embalagem 5 é muito mais acentuada,

o que pode ser observado desde a amostra 125, a qual eleva o nível médio do processo, saindo do controle estatístico a partir do LSC.

O gráfico evidencia uma tendência muito grande aumento do peso médio dos produtos, demonstrando um total descontrole no processo dessa embalagem, visto que em mais da metade das amostras, o processo permanece estável porém fora de controle estatístico no LIC e posteriormente essa tendência de crescimento da média.

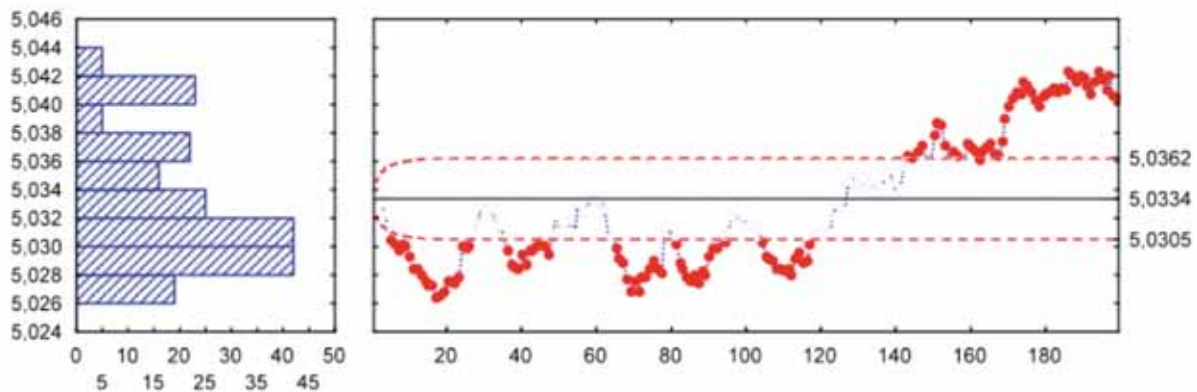
O gráfico EWMA, na Figura 24, permite observar com maior clareza que neste tipo de gráfico o alarme de pontos fora do controle estatístico é antecipado. Quando comparamos com a Figura 21, onde a décima observação é a primeira a ser



**Figura 23: Gráfico CUSUM para Embaladora 5**

Fonte: Elaborada pelos autores.





**Figura 24: Gráfico EWMA para Embaladora 5**

Fonte: Elaborada pelos autores.

considerada crítica (abaixo do LIC), temos no gráfico EWMA pontos abaixo do LIC a partir da quinta observação.

Comparando o gráfico EWMA com o gráfico CUSUM, temos também uma melhora na detecção de alarme de dados fora dos limites de controle. Uma vez que no CUSUM os dados saem do controle estatístico próximo a observação 150, no EWMA a observação 140 já se mostra acima do LSC. Fica então evidente que para a embaladora 5, o gráfico indicado para monitorar o processo é o EWMA.

Após a análise individual de cada embaladora, para melhor visualização e escolha de qual seria o gráfico mais indicado para monitorar o processo para as cinco embaladoras, na Tabela 3 apresenta-se uma comparação, indicando qual o gráfico apresenta antes o sinal de descontrole no

**Tabela 3: Número de amostras necessárias para apresentar o primeiro sinal de descontrole no processo para cada embaladora**

	Shewhart (X)	Shewhart (\$)	CUSUM	EWMA
Embaladora 1	n	n	48	48
Embaladora 2	n	n	3	1
Embaladora 3	n	1	3	1
Embaladora 4	n	n	17	15
Embaladora 5	169	n	9	3

Fonte: Elaborada pelos autores.

processo. Para sinal, considerou-se 3 pontos consecutivos fora dos limites de controle.

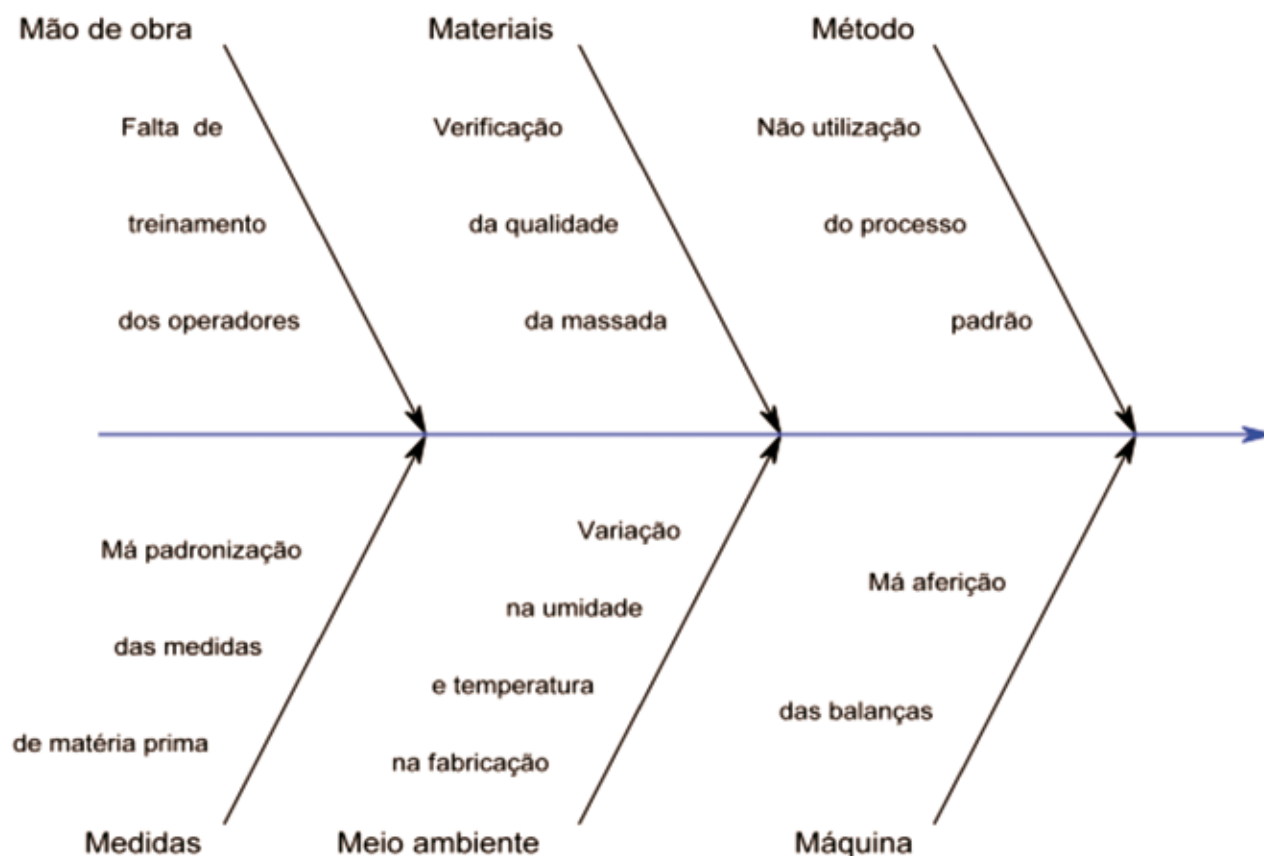
Ao analisar a Tabela 3, verifica-se que o gráfico EWMA é o mais indicado para monitorar o processo, visto que apresenta sinais de descontrole de processo antes dos outros gráficos.

Diante do observado, todo o processo, referente às cinco embaladoras, não se encontram sob controle estatístico. Destarte, procurou-se analisar as causas que possam ser responsáveis por esse descontrole, por meio da construção de um digrama de causa e efeito.

## 4.6 Diagrama de causa e efeito

A fim de identificar as causas de variação do peso dos pacotes de salsicha foi elaborado um diagrama de causa e efeito, com base em informações fornecidas por colaboradores da indústria em estudo, conforme Figura 25. Essas informações foram obtidas por meio de entrevistas não estruturadas.

O diagrama de causa e efeito foi construído para apresentar os pontos críticos das anormalidades encontradas e favorecer uma revisão do processo. A variabilidade, observada durante a coleta de dados e observação do andamento do processo, ocorre por três motivos: ajuste ou controle impróprio das máquinas, erro de operadores e defeito de matéria prima.



**Figura 25: Diagrama de causa e efeito para a variação do peso dos pacotes de salsicha**

Fonte: Elaborada pelos autores.

No item mão de obra verificou-se que todo processo produtivo é dependente de trabalho manual, de forma que o comprometimento destes contribui para melhora da produção. Notavelmente ocorrem falhas no processo devido a erros dos operadores das embaladoras, conforme observado durante o período da pesquisa e de informações já conhecidas pelo setor de qualidade. Sugere-se que treinamentos constantes e adequados, e planos de motivação podem ser incluídos no planejamento da empresa, a fim de reduzir as consequentes anormalidades.

A Carne Mecanicamente Separada (CMS) é a principal matéria prima da salsicha. Este insumo provém de outras unidades da empresa, e dependendo do lote pode influir diretamente nas

características físicas da massa final, fazendo com que a salsicha sofra oscilação no seu peso. A CMS passa por um controle de qualidade, porém, como cada unidade tem um sistema de trabalho, podem acontecer desvios no processo, portanto os fornecedores das matérias primas devem ser padronizados para garantir a qualidade padrão do produto, ou seja, os lotes podem ser distribuídos para cada embaladora, originados sempre da mesma unidade que a fornece, de forma que unifique o sistema do insumo.

No que tange a produção, o ambiente de trabalho é adequado para os funcionários, porém a umidade e temperatura no ambiente podem estar influenciando na variabilidade do peso do produto, de acordo com análises já realizadas pela

empresa. Constatou-se também que a aferição da balança pode interferir diretamente no peso do pacote, assim é necessário realizar inspeção nas balanças para fazer a calibragem regularmente, isto é, mesmo que tais aparelhos já sejam verificados, sentiu-se que há deficiência no plano de vistoria.

## 5 Conclusão

O gráfico de controle é uma ferramenta simples que foi de suma importância para o acompanhamento do peso dos pacotes de salsicha do tipo *hot dog* no processo, revelando de forma eficiente o comportamento do processo. Neste trabalho foram comparados gráficos como o X-S de Shewhart, o de soma acumulada (CUSUM) e o de média móvel exponencialmente ponderada (EWMA). Mediante a comparação dos mesmos pode-se recomendar um método para monitorar a variável peso dos pacotes de salsicha, o gráfico EWMA se mostrou mais adequado pois antecipa o sinal de descontrole no processo antes dos demais.

Em relação aos resultados apresentados constatou-se grande variabilidade em relação ao peso final dos produtos embalados nas cinco máquinas estudadas. O objetivo da indústria é trabalhar o mais próximo possível do valor alvo, que é de 5 quilogramas, minimizando a variabilidade e eliminando, tanto quanto possível, pacotes com peso inferior a 5 quilogramas, mantendo a confiabilidade frente aos consumidores.

Quanto às máquinas embaladoras, a que mais apresentou pontos fora do controle estatístico foi a 5, seguida da máquina 4, máquina 2, máquina 1, sendo a máquina 3 a que menos apresentou pontos fora dos limites calculados. Como resultado da análise do diagrama de causa e efeito, maiores estudos devem ser feitos em torno da

variabilidade da matéria prima, bem como a verificação periódica da calibragem das balanças. Outro fator que não deve ser esquecido para que melhoras possam ser alcançadas, a fim de se obter um processo sob controle estatístico, é a falta de treinamento dos operadores. Ainda, pode ser avaliada a implantação técnica e econômica de planos de manutenção preventiva, a fim de aumentar a padronização do processo, evitando a ocorrência de defeitos nos equipamentos e consequente parada da linha de produção.

Dos três tipos de gráficos elaborados, para a embaladora 1 tanto o EWMA quanto o CUSUM trazem alarme mais rapidamente de falhas no processo, sendo que o CUSUM se apresentou de maneira mais eficiente, uma vez que evidencia a tendência de crescimento da média dos pesos dos produtos. No estudo feito para a embaladora 2, assim como nas demais máquinas (3, 4 e 5), o gráfico CUSUM apresenta-se mais eficiente que o Shewhart, devido à antecipação de alarme dos descontroles no processo. Entretanto, o EWMA ainda se adianta neste ponto, quando comparado ao CUSUM. Assim, conclui-se que tanto os gráficos CUSUM como EWMA tem como pontos positivos detectar mais rapidamente pequenos desvios e fornecem informações sobre a tendência do processo, sendo indicados para o monitoramento deste processo, porém, o gráfico de controle EWMA foi o mais vantajoso visto sua ágil antecipação de sinal de descontrole, observado na Tabela 3.

Substancialmente a utilização do gráfico de controle EWMA no monitoramento do processo de empacotamento da salsicha é julgado como eficiente e proveitoso, visto que esta metodologia pode auxiliar na garantia de qualidade dos processos produtivos, refletindo na qualidade dos produtos, implicando na redução de prejuízos e, consequentemente, o aumento da produtividade e lucratividade.

## Referencias

- Antony, J., Kumar, M., & Madu, C. M. (2005). Six sigma in small and medium-sized UK manufacturing enterprises: some empirical observations. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 22(8), 860-874.
- Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. (2015, setembro, 4). *Líder mundial, Brasil vende carne de frango para 150 países*. Recuperado em 10 junho, 2015, de <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/09/lider-mundial-brasil-vende-carne-de-frango-para-150-paises>
- Bertrand, J. W. M., & Fransoo, J. C. (2002). Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 241-264.
- Bittencourt, H. R. (2014). *Controle estatístico da qualidade*. Porto Alegre: Saraiva.
- Carpinetti, L. C. R. (2012). *Gestão da qualidade: conceitos e técnicas* (2a ed.). São Paulo: Atlas.
- Chih, M., Yeh, L., & Li, F. (2011). Particle swarm optimization for the economic and economic statistical designs of the control chart. *Applied Soft Computing*, 11(8), 5053-506.
- Daminelli, L. M. (2013). *Análise do peso do biscoito laminado: aplicação do controle estatístico do processo*. Monografia do curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, Brasil.
- Engin, A. B. (2008). Determination of optimum economic inspection by economic control chart design and by machine efficiency estimation: an application in weaving industry. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 16(1), 147-170.
- Faria, E. P., Andrade, C. C., & Silva, E. M. (2006). O CEP como ferramenta de melhoria de qualidade e produtividade nas organizações. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. *Anais do Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*. Resende - RJ: SEGeT.
- Gil, A. C. (2010). *Como Elaborar projetos de pesquisa* (5a ed.). São Paulo: Atlas.
- Makrymichalos, M., Antony, J., Antony, F., & Kumar, M. (2005). Statistical thinking and its role for industrial engineers and managers in the 21<sup>st</sup> century. *Managerial Auditing Journal*, 20(4), 351-363.
- Mehrjerdi, Y. Z. (2011). Six-Sigma: methodology, tools and its future. *Assembly Automation*, 31(1), 79-88.
- Mingoti, S. A., & Yassukawa, F. R. S. (2008). Uma comparação de gráficos de controle para a média de processos autocorrelacionados. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*, 3(1), 55-73.
- Montgomery, D. C. (2004). *Introdução ao controle estatístico da qualidade* (4a ed.). Rio de Janeiro: LTC.
- Mucidas, J. H. (2010). *Aplicação do Controle Estatístico do Processo no envase de leite UHT em uma indústria de laticínios*. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil.
- Portal Educação. (2013). Controle de qualidade dos alimentos na indústria. Recuperado em 11 outubro, 2016, de <http://www.portaleducacao.com.br/nutricao/artigos/50670/controle-de-qualidade-dos-alimentos-na-industria>
- Prodanov, C. C., & Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico* (2a ed.). Novo Hamburgo: Feevale.
- Raisinghani, M. S. (2005). Six Sigma: concepts, tools, and applications. *Industrial Management & Data Systems*, 105(4), 491-505.
- Samohyl, R. W. (2009). *Controle estatístico de qualidade*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Santos, A. B., & Martins, M. F. (2010). Contribuições do Seis Sigma: estudos de caso em multinacionais. *Produção*, 20(1), 42-53.
- Schroeder, R. G. (2008). Six Sigma: definition and underlying theory. *Journal of Operations Management*, 26(4), 536-554.
- Seidel, E. J., Lopes, L. F. D., Ansuj, A. P., & Zanella, A. (2011). Métodos estatísticos aplicados à avaliação da qualidade da matéria prima e classificação dos fornecedores de uma indústria de laticínios. *Revista Produção Online*, 11(1), 3-28.
- Sheu, S.; LU, S. (2009), The effect of autocorrelated observations on a GWMA control chart performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 26(2), 112-128.
- Silveira, E. F., & Werner, L. (2011). Proposta de método de priorização de processos a serem monitorados no controle estatístico de processo: uma aplicação em trocador de calor. *Revista Produção Online*, 11(1), 116-135.
- Sousa, V. G., Alexandre, J. W. C., Freitas, S. M., & RodrigueS, M. V. (2014). Um estudo do desempenho dos gráficos de controle por grupos na presença de autocorrelação no processo. *Anais XXI Simpósio de Engenharia de Produção*. Bauru: SIMPEP.
- Souza, L. M., Ribeiro Júnior, J. I., Reis, G. M., & Ide, M. S. (2008). Eficiência dos gráficos de controle Xbarra, EWMA e CUSUM. *Rev. Eletrônica Produção & Engenharia*, 1(1), 81-94.

- Souza, G. P., Domingos Filho, M., & Samohyl, R. W. (2007). Aplicação dos conceitos de Controle Estatístico de Processo (CEP) em uma indústria de fundição do Norte Catarinense. *Revista Produção Online*, 7(2), 64-84.
- Srikaeo, K., & Hourigan, J. (2012). The use of Statistical Process Control (SPC) to enhance the validation of critical control points (CCPs) in shell egg washing. *Food Control*, 13(4), 263-273.
- Shu, M. H., & Wu, H. C. (2011). Fuzzy X and R control charts: fuzzy dominance approach. *Computers & Industrial Engineering*, 61, 676-685.
- Tjahjono, B. (2010). Six Sigma: a literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(3), 216-233.
- Trentin, M. G. (2010). *Monitoramento e controle estatístico integrado ao controle de engenharia de processo*. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Vieira, R. R. M., Andrade, D. S., Barbosa, R. T. D., Araujo Junior, L. Q., & Queiroz, F. C. B. (2013). Proposição de um CEP e aplicação de ferramentas da qualidade para a melhoria do processo: Estudo de caso no setor de suprimento da Pedreira Potiguar. *Anais do XXXIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção*. Salvador: ENEGEP.
- Walter, O. M. F. C., Henning, E., Cardoso, E., & Samohyl, R. W. (2013). Aplicação individual e combinada dos gráficos de controle Shewhart e CUSUM: uma aplicação no setor metal mecânico. *Gestão e Produção*, 20(2), 271-286.
- Zabihinpour, S. M., Ariffin, M. K. A., Tang, S. H., & Azfanizam, A. S. (2015). Construction of fuzzy (X) over-bar -S control charts with an unbiased estimation of standard deviation for a triangular fuzzy random variable. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 28(6), 2735-2747.

Recebido em 24 mar. 2017 / aprovado em 19 jun. 2017

**Para referenciar este texto**

Moro, M. F., Reis, C. C. C., Flores, S. A., Pizzolato, M., & Weise, A. D. Monitoramento estatístico do processo de acondicionamento de embutidos por meio de gráficos de controle. *Exacta*, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 43-66, 2018.