

CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO PARA AVALIAR PROBLEMAS NO SETOR PRODUTIVO DE UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

José Eduardo Silva Marinho Batista (UFPE) eduardomarinhoep@outlook.com
Eva Wilma Senhorinho Gonçalves (UFPE) evawilma.cabj.5b@gmail.com
Marcele Elisa Fontana (UFPE) marcele.elisa@ufpe.br

Resumo

Em meio ao ambiente de forte competitividade, as indústrias do ramo alimentício se tornam mais fortes quando oferecem produtos de qualidade e confiabilidade aos seus clientes. A utilização das ferramentas do controle estatístico do processo (CEP) auxilia na análise e monitoramento dos processos produtivos, tornando-os mais robustos e possibilitando às empresas oferecer produtos com melhor padrão de qualidade. O presente trabalho foi desenvolvido em uma empresa do ramo alimentício que possuía muitas perdas relacionadas ao peso dos produtos. Baseado nesse cenário foram coletadas amostras estratificadas divididas em subgrupos racionais e, através de algumas análises utilizando as ferramentas do CEP, foi possível avaliar os problemas e definir se o processo estava fora de controle ou não.

Palavras-Chave: Qualidade, Controle Estatístico do Processo, Gráfico de Controle.

1. Introdução

Para uma empresa garantir a qualidade de seus produtos e a redução de quaisquer desperdícios, buscando por menores preços e melhor satisfação dos clientes, é necessário que ela seja capaz de produzir através de um processo estável com indicadores dentro dos padrões definidos.

Diante disso, o Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma ferramenta da qualidade que possibilita aumentar a confiabilidade ao processo, por meio da medição e avaliação do seu desempenho, minimizando a quantidade de produtos defeituosos produzidos e colocados no mercado (CARPINETTI, 2013). Através dele, características da qualidade do processo são monitoradas, assegurando que estas estejam dentro dos limites especificados e indicando quando se faz necessário intervir no processo.

Este estudo foi desenvolvido em uma empresa do setor alimentício que produz vários tipos de massas, onde foram identificadas muitas perdas, devido à alta quantidade de produtos gerados fora da especificação e enviados à central de retrabalho. O monitoramento das

características da qualidade dos processos é realizado pelo departamento da qualidade da fábrica. Em muitos casos, a não conformidade diagnosticada leva a rejeição de um grande lote do produto, sendo necessário identificar e eliminar a causa especial antes de reiniciar a produção e realizar o retrabalhar dos itens rejeitados, quando possível, acarretando em aumento substancial dos custos de produção.

Além disso, a legislação vigente em proteção ao consumidor especifica apenas regras para o subpeso, ou seja, só há multa quando a empresa fornece um produto com o peso abaixo do informado na embalagem. Sendo assim, a empresa opta por trabalhar com o sobrepeso (acima do peso) para evitar multas. No entanto, essa prática repetitiva está ocasionando um excessivo custo de produção, pois o produto a mais não é pago pelo cliente.

Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi implementar o controle estatístico do processo (CEP), em uma linha de produção de massas, para controlar e monitorar a qualidade do processo. Para isso, buscou-se identificar a situação atual da linha de produção, através da observação e coleta de dados, e criar meios para o monitoramento facilitado do processo e rápida identificação dos pontos fora de controle.

Além desta introdução, este trabalho foi organizado da seguinte maneira: a secção 2 traz conceitos gerais sobre o controle estatístico do processo; a secção 3 descreve a metodologia usada; a secção 4 apresenta o estudo de caso; na secção 5 foram realizadas as análises e discussões; e, por fim, as considerações finais deste artigo são relatadas na secção 6.

2. Fundamentação teórica

Segundo Werkema (2006), o Controle Estatístico do Processo (CEP) está intimamente ligado à melhoria contínua do processo por meio da utilização de ferramentas estatísticas. Seu objetivo principal é garantir a estabilidade e a melhoria do processo. Para Montgomery (2004), quando o CEP é bem implementado, proporciona melhorias na produtividade, confiabilidade e qualidade dos produtos e processos, promovendo uma redução do número de produtos defeituosos, reduzindo, assim, os custos causados por uma qualidade inferior e, conseqüentemente, reduzindo os custos totais da produção, através dos métodos estatísticos de controle da qualidade. Deming (1990) relatou que o CEP tem como metas:

- A melhoria da qualidade;
- Um conhecimento mais aprofundado do processo, que oportunizará a identificação de melhorias;

- Redução dos custos por unidade, bem como redução da quantidade de produtos defeituosos, considerados como refugo e retrabalhos.

Para a análise da qualidade pelo CEP os gráficos de controle são fundamentais. Eles são aplicados com a finalidade de detectar variações e a frequência com que elas ocorrem no processo produtivo (GALUCH, 2002).

Paladini (2008) argumentou que os gráficos de controle verificam se o processo está ou não sob controle e se ele permanecerá dessa forma por certo período de tempo. Para Vieira (2014), as cartas de controle monitoram o desempenho do processo, determinando se ele está sob controle, caso todos os pontos estejam abaixo do limite superior de controle e acima do limite inferior, dispostos de forma aleatória no gráfico.

A Figura 1 exemplifica um tipo de gráfico de controle, no qual os pontos estão dentro dos limites de controle e dispostos aleatoriamente.

Figura 1 - Exemplo de gráfico de controle



Fonte: Montgomery (2012)

Os gráficos de controle \bar{X} (média) e R (amplitude) monitoram o valor médio da característica da qualidade, através do gráfico da média $-\bar{X}$, e a variabilidade do processo através do gráfico da amplitude – R, respectivamente (Montgomery, 02012). Os limites de controle para o gráfico de \bar{X} são calculados pelas Eq.1 a Eq.3.

$$LIC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \quad (1)$$

$$LM_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} \quad (2)$$

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \quad (3)$$

Tal que,

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (4)$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} \quad (5)$$

$$R = X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n} \quad (6)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} \quad (7)$$

Onde:

$LSC_{\bar{x}}$ é o limite superior controle;

$LM_{\bar{x}}$ é o limite médio;

$LIC_{\bar{x}}$ é o limite inferior de controle;

X_i é o i-ésimo valor presente no subgrupo;

\bar{X}_i é a média do i-ésimo subgrupo;

$X_{m\acute{a}x}$ é o maior valor encontrado no subgrupo;

$X_{m\acute{i}n}$ é o menor valor encontrado no subgrupo;

R_i é a amplitude do i-ésimo subgrupo;

n é o tamanho da amostra;

m é a quantidade de subgrupos (amostras);

A_2 é uma constante cujos valores são tabelados

Já os limites do gráfico da amplitude – R, são determinados pelas Equações (8), (9) e (10).

$$LIC_R = D_3 \bar{R} \quad (8)$$

$$LM_R = \bar{R} \quad (9)$$

$$LSC_R = D_4 \bar{R} \quad (10)$$

Onde:

D_3 e D_4 são tabelados

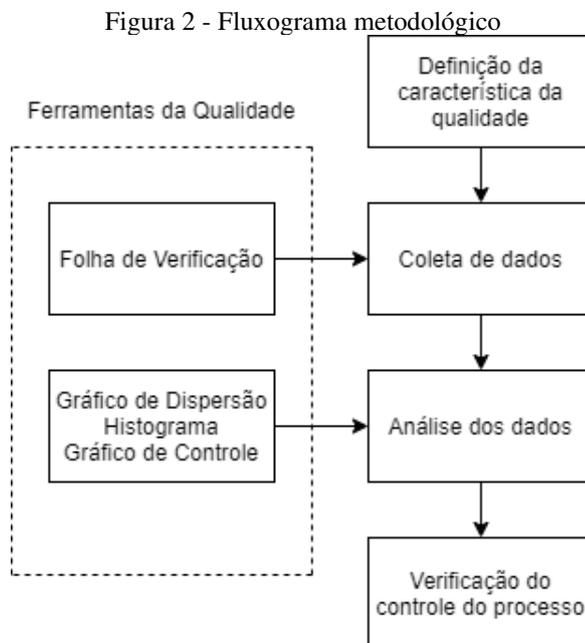
Obs.: Caso $LIC_R < 0$ ele deve ser considerado como igual a zero para um uso adequado do gráfico da amplitude.

3. Metodologia

Quanto aos objetivos, o trabalho pode ser definido como explicativo e descritivo. Explicativo, pois aprofunda o conhecimento da realidade através do método experimental, pois

neste estudo são levantados dados referentes ao peso do produto, para identificar a situação atual do processo, se ele está ou não fora do controle. É descritivo, porque consiste em uma análise detalhada de um acontecimento problemático, descrevendo as características das variáveis analisadas.

Trata-se de uma abordagem quantitativa, tendo em vista que são realizadas análises dos valores numéricos obtidos na coleta dos dados. No estudo em questão, é feita uma análise da característica da qualidade e peso líquido do produto, coletando amostras para a determinação dos gráficos de controle. Quanto ao método, é classificado como estudo de caso já que é circunscrito a uma unidade empresarial. As etapas propostas para esse trabalho são vistas na Figura 2.



Fonte: Adaptado de Veit (2003).

- **Etapa 1 – Definir a característica da qualidade:** A etapa inicial da pesquisa consiste na definição da característica da qualidade a ser monitorada, nesta etapa foi definido que a característica de interesse seria o peso líquido do produto em 500g.
- **Etapa 2 – Coleta de dados:** A amostragem ocorreu de forma estratificada, ou seja, as amostras foram coletadas apenas de uma empacotadeira, frequentemente utilizada na linha. Diariamente eram feitas 10 amostragem e cada amostragem contendo 05 unidades do produto. Durante três dias seguidos foram obtidas 30 amostragens, totalizando 150 unidades do produto analisadas. Os resultados foram anotados em folhas de verificação. Para determinar o peso líquido do produto também foi necessário estimar o peso médio de sua embalagem. Para isso, foi coletada uma amostra contendo 50 embalagens que foram pesadas e anotadas em uma folha de verificação.

- **Etapa 3 – Análise dos dados:** Com os dados coletados, algumas análises foram feitas com o auxílio do *software Minitab 19*. Inicialmente foi utilizado o gráfico de dispersão, para visualizar se havia variações nos dados, presença de *outliers* e correlação entre o peso dos produtos e a sequência temporal em que eles foram coletados. Logo após, foi feita a análise através do histograma, possibilitando a percepção da variabilidade dos dados, se havia um deslocamento da média e se a distribuição das frequências se assemelhava a uma distribuição normal. O teste de Anderson-Darling foi utilizado para confirmar uma distribuição normal da amostra. Caso o teste mostre que há normalidade seguimos com as análises através dos gráficos de controle, caso contrário, se faz necessário normalizar os dados antes de utilizá-los.
- **Etapa 4 – Verificação do controle do processo:** Após a confirmação da normalidade dos dados, os gráficos de controle (X-R) para a média e a amplitude foram plotados, com o objetivo de verificar se o processo está sob controle ou não.

4. Estudo de caso

A empresa na qual foi realizado o estudo de caso, atua no ramo alimentício, tendo 16 linhas de produção que produzem diversos tipos de produtos, dentre eles: massas, biscoitos, cafés, misturas para bolos, *waffer* e salgadinhos.

O Setor escolhido para o trabalho foi o de massas, o qual conta com quatro linhas de produção, nas quais são feitas massas longas (espaguete longo, talharim longo), massas médias (espaguete médio furadinho) e massas curtas (talharim ninho, parafuso, penne, argola e búzio). A principal linha de produção de massas longas foi a estudada.

4.1. Coleta de Dados

Com as estatísticas da balança acoplada à esteira que monitora o processo, a qual rejeita aqueles produtos que estiverem acima ou abaixo do peso especificado, reiniciadas no dia 02/09/2019 às 09hrs, foram identificados que de um total de 91.916 produtos, 1.542 foram rejeitados por estarem abaixo do peso, o que representa 749,7 kg, e nenhum foi rejeitado por estar acima do peso, em um intervalo de 24hrs de produção.

A média encontrada foi de 518,1g e desvio padrão igual a 8,278g, o que gerou um excesso no peso dos produtos de 3,62%, o equivalente a 1.722Kg do produto. O cenário encontrado é alarmante, pois em apenas um dia de produção quase duas toneladas a mais de produto foram

empacotadas e quase uma tonelada teve que ser retrabalhada por estar abaixo do peso. Esta situação ocorreu porque os operadores que trabalham no empacotamento ajustam as balanças das máquinas para produzir com o peso acima de 500g, para não correr o risco de terem muitos itens abaixo do peso sendo rejeitados, o que acaba elevando a quantidade de produtos vendidos com um peso acima do especificado na embalagem. Os parâmetros utilizados pela balança para rejeitar os produtos são rígidos quanto à parte inferior (495g) e muito flexíveis quanto à parte superior (540g), devido ao receio de receber multas do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), que estabelece apenas regras para o limite inferior. De acordo com a portaria INMETRO nº248 de 17 de julho de 2008, para produtos com peso líquido de 500g o limite inferior seria 15g a menos, ou seja, 485g (INMETRO,2008).

Os dados mostrados pela balança de controle para verificar o peso das mercadorias embaladas são indícios de que o processo está fora de controle. Para confirmar tal hipótese, foram coletadas amostras da empacotadeira 1 em três dias: 03/09/2019, 04/09/2019 e 05/09/2019. No momento da coleta dos dados, não foi permitido ao operador do equipamento alterar os parâmetros utilizados pelo software da máquina, para não gerar interferência no peso dos produtos. Os dados coletados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Coleta de dados da Empacotadeira 1

Subgrupos	Amostras (Peso líquido em g)				
1	502,18	504,18	517,68	503,18	504,18
2	514,68	511,18	485,18	510,68	510,68
3	506,18	501,68	513,68	503,18	511,68
4	504,68	502,18	502,18	516,18	517,68
5	509,68	499,68	528,68	497,68	499,18
6	501,18	498,18	500,68	500,18	500,68
7	500,18	496,68	501,18	517,68	494,68
8	494,68	523,68	500,18	501,18	501,68
9	519,68	501,18	509,68	517,68	499,18
10	508,68	509,68	510,68	502,68	515,18
11	497,18	507,18	501,68	497,18	497,18
12	502,68	515,68	505,68	505,68	506,18
13	509,68	508,18	505,18	506,18	508,68
14	504,68	501,68	498,18	496,68	498,18
15	500,18	512,18	516,68	509,68	513,68
16	512,18	492,68	513,18	510,18	515,68
17	506,68	506,18	504,68	496,68	510,68
18	489,68	493,68	506,68	510,68	511,68
19	504,68	505,18	498,18	505,18	512,18
20	511,68	505,68	496,18	512,68	506,18
21	509,18	502,68	512,18	496,18	503,18

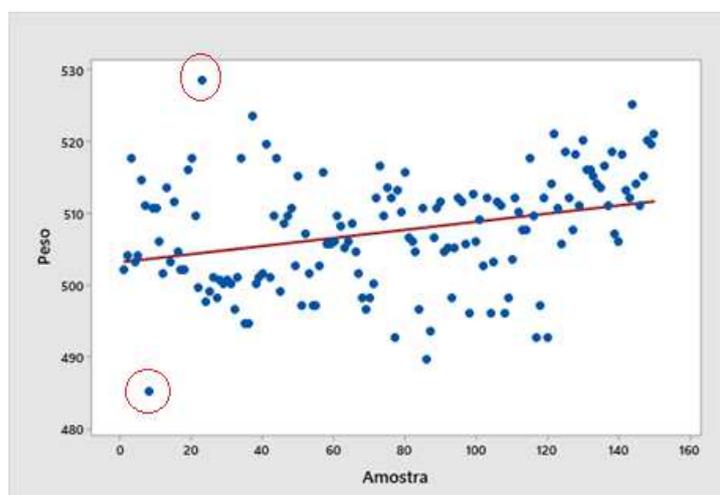
22	511,68	511,18	496,18	498,18	503,68
23	512,18	510,18	507,68	507,68	517,68
24	509,68	492,68	497,18	512,18	492,68
25	514,18	521,18	510,68	505,68	518,68
26	512,18	507,68	518,18	511,18	520,18
27	516,18	516,18	515,18	514,18	513,68
28	516,68	511,18	518,68	507,18	506,18
29	518,18	513,18	512,18	525,18	514,18
30	511,18	515,18	520,18	519,68	521,18

Fonte: Os autores (2021)

5. Análises dos dados e discussão

Para confirmar se o processo estava sob controle ou não, foram feitas análises dos dados expostos na Tabela 1, utilizando o *software Minitab* 19. A partir da análise do gráfico de dispersão, apresentado na Figura 3, é possível perceber que há uma variação considerável no peso líquido dos produtos, que oscilam entre 485,18 e 528,68g, o que explica o fato do desvio padrão das amostras possuir um valor de 7,917g. Compreende-se, também, que há uma leve correlação positiva entre o peso dos produtos e a sequência temporal em que eles foram coletados, o que é percebido pela regressão apresentada pela linha em vermelho na Figura 3. Há também a presença de *outliers* destacados pelos círculos vermelhos.

Figura 3 - Gráfico de dispersão

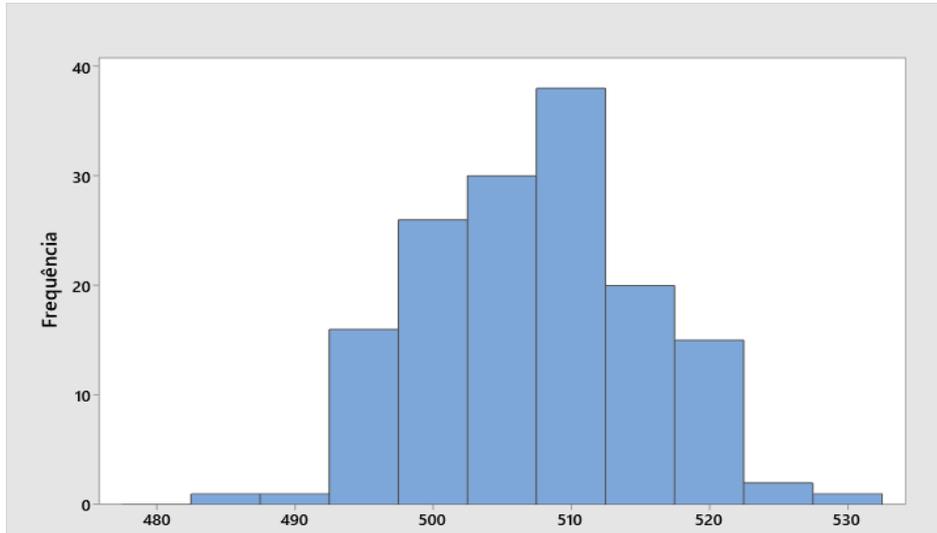


Fonte: Os autores (2021)

Pelo histograma apresentado na Figura 4, é perceptível que há uma maior frequência de dados com valores próximos a 510g, o que representa 2% a mais do que o valor alvo para o peso, que é de 500g. Há também um deslocamento da média, que deveria ter um valor próximo a 500g, mas está na realidade com 507,46g. É notório que há uma variabilidade considerável na distribuição das frequências devido ao seu grau de achatamento, o que pode indicar que há

causas especiais que estão interferindo não só na média, mas também na variabilidade dos dados. É possível perceber pelo formato da distribuição das frequências, que ela assemelha-se a uma distribuição normal.

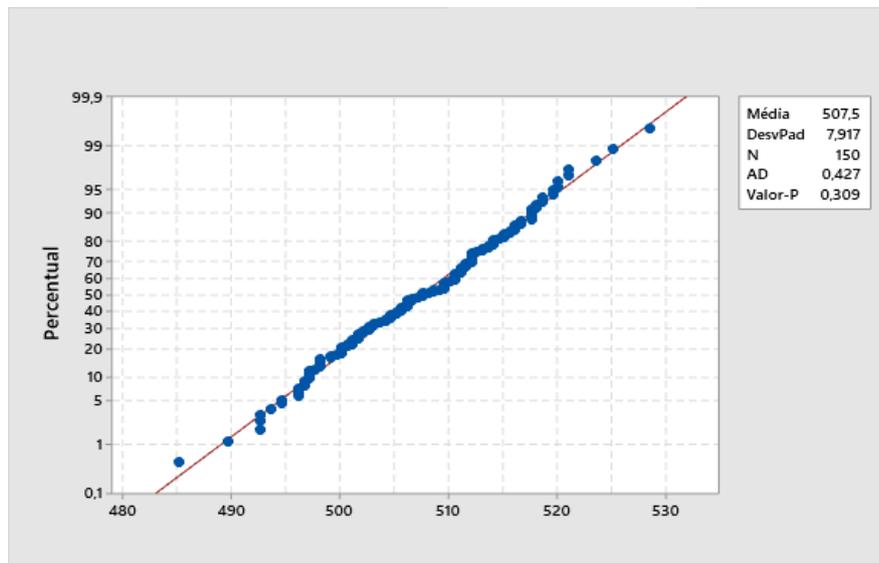
Figura 4 - Histograma



Fonte: Os autores (2021)

Antes de utilizar os gráficos de controle, é preciso identificar se os dados seguem ou não uma distribuição normal. Sendo assim, foi utilizado o teste de Anderson-Darling, apresentado na Figura 5. Como os pontos no gráfico seguem uma linha aproximadamente reta dentro dos limites de confiança e o Valor-P é igual a 0,309, valor este maior que 0,05, há uma confirmação de que os dados seguem uma distribuição normal.

Figura 5 - Teste de normalidade Anderson-Darling



Fonte: Os autores (2021)

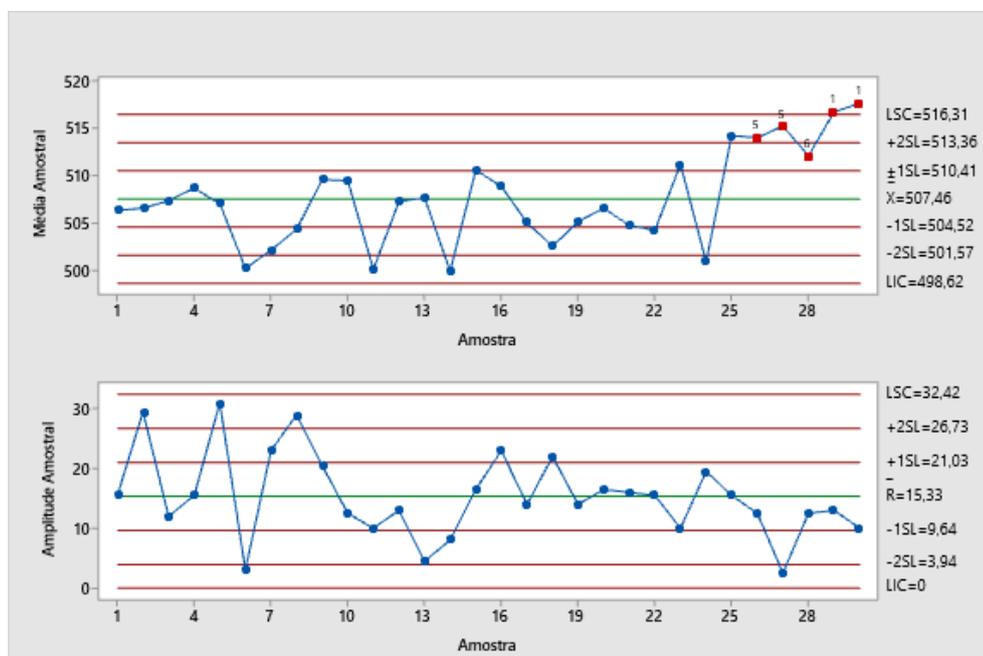
Depois disso, foram construídos os gráficos de controle para a média e a amplitude, como mostrado na Figura 6, com limites superior e inferior a três desvios-padrão da linha central.

A média global \bar{X} foi estimada, cujo valor foi igual a 507,46g, já a média das amplitudes foi $R = 15,33$ g. Como as amostras eram compostas de cinco produtos, o valor da constante para essa situação é $A_2 = 0,577$. Através da Equação (1) determinou-se o LIC = 498,62g, pela Equação (2), obteve-se o LM = 507,46g e por fim, pela equação (3), determinou-se o LSC = 516,31g.

Já para o gráfico da amplitude (R), cujos valores das constantes são $D_3 = 0$ e $D_4 = 2,114$, o limite central foi determinado através da Equação (9), seu valor foi 15,33g, para o LIC e LSC, foram utilizadas as Equações (8) e (10), respectivamente, sendo os seus valores 32,42g, para o LSC e 0 para LIC.

É possível que haja um desajuste no processo, porque para o gráfico de \bar{X} existem 15 pontos dentro do intervalo de um desvio-padrão, o que representa 50% dos pontos do gráfico, valor menor que o estabelecido por Toledo et al. (2013) que é de 68%. Há, também, apenas 21 pontos dentro do intervalo de dois desvios-padrão, o que é equivalente a 70% dos pontos do gráfico. Toledo definiu que 95% dos pontos devem estar dentro desse intervalo.

Figura 6 - Gráficos de controle (\bar{X} -R)



Fonte: autores (2021)

Foram realizados outros testes no *software* Minitab 19, a fim de detectar pontos fora dos limites de controle, comportamento tendencioso e/ou cíclico dos dados, e confirmar a suspeita de que o processo estava fora de controle. Os testes realizados foram estes:

- Teste 1 = 1 ponto maior do que 3 desvios-padrão da linha central;
- Teste 2 = 7 pontos consecutivos do mesmo lado da linha central;
- Teste 3 = 6 pontos consecutivos, todos crescentes ou todos decrescentes;
- Teste 4 = 14 pontos consecutivos, alternando para cima e para baixo;
- Teste 5 = 2 de 3 pontos maior do que 2 desvios-padrão da linha central (mesma linha);
- Teste 6 = 4 de 5 pontos maior do que 1 desvio-padrão da linha central (mesma linha);
- Teste 7 = 15 pontos consecutivos dentro de 1 desvio-padrão da linha central (ambos os lados);
- Teste 8 = 8 pontos consecutivos maior do que 1 desvio-padrão da linha central (ambos os lados).

Os testes 2, 3, 4 e 7 não apresentaram anomalias nas amostras testadas. Contudo, no teste 1 as médias dos subgrupos 29 e 30, foram: 516,58 e 517,48, portanto, maior que 3 desvios-padrão da linha central (LSC=516,31). No teste 5, as médias dos subgrupos 26, 27, 29 e 30, cujos valores são 513,88, 515,08, 516,58 e 517,48, respectivamente, estão acima de 2 desvios-padrão da média (513,36). Para o teste 6, as médias dos subgrupos 27, 28, 29 e 30, de médias 515,08, 511,98, 516,58, 517,48, respectivamente, são maiores que 1 desvio-padrão da média (510,41). No teste 8, as médias dos subgrupos 23, 25, 26, 27, 28, 29 e 30, cujos valores são 511,08, 514,08, 513,88, 515,08, 511,98, 516,58 e 517,48, respectivamente, estão acima de 1 desvio-padrão da linha central (510,88), já a do subgrupo 24, de valor 500,88, está abaixo de 1 desvio-padrão da linha central (504,52).

Sendo assim, os testes 1, 5, 6 e 8 comprovam que o processo se encontrava fora de controle.

6. Conclusão

Empresas que fornecem produtos de qualidade, que passam confiabilidade para os seus clientes, tendem a permanecer fortes no mercado. Através deste trabalho, constata-se que quando bem executadas na rotina fabril, as ferramentas do controle estatístico do processo (CEP), auxiliam no monitoramento das características da qualidade do processo. Além disso, podem contribuir para a solução de problemas cotidianos de forma mais rápida, evitando desperdícios e aumentando a produtividade.

A empresa estudada não possuía monitoramento através do CEP e encontrava-se com um grande volume de retrabalho de produtos não conformes. Mediante a aplicação das seguintes ferramentas folha de verificação, gráfico de dispersão, histograma e gráfico de controle, pôde-se detectar que o processo estava fora de controle.

Este trabalho possibilitou aos gestores melhorarem o processo produtivo, agilizando a correção das instabilidades através da rápida detecção das principais anomalias que afetaram o processo. Diante disso, obteve-se um maior conhecimento acerca do processo, tornando mais fácil para a empresa a manutenção do controle estatístico. Além disso, não se limita apenas ao processo produtivo de massas, podendo ser replicado em outros processos produtivos, possibilitando aos líderes da empresa expandir o conhecimento para os outros setores da fábrica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R.; et al. **Controle Estatístico de Qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

DEMING, W. Edwards. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

GALUCH, L. **Modelo para implementação das ferramentas básicas do controle estatístico do processo – CEP em pequenas empresas manufatureiras** – Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 2002.

INMETRO – *Portaria nº 248*. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, julho/2008.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2004.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 7th edition. Arizona: Wiley, 2012.

PALADINI, E.P. **Avaliação estratégica da qualidade**. 3. rev. São Paulo: Atlas, 2008.

TOLEDO, J. C. et al. **Qualidade: gestão e métodos**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

VEIT, E. **O controle estatístico de processos na indústria química de cabinagem de veículos: um estudo de caso**. Florianópolis, 2003. Dissertação apresentada ao departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

VIEIRA, Sonia. **Estatística para a qualidade**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006.