SINERGIA

REVISTA DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS (ICEAC)

ESTUDO DA ESTABILIDADE E DA CAPACIDADE DO PROCESSO DE ENVASE DE IOGURTE EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

GABRIELA YOHANA SMANIOTTO[*]
ARIANE FERREIRA PORTO ROSA[**]
RENATA HEIDTMANN BEMVENUTI[***]

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma proposta de melhoria para reduzir a variabiliadade do processo de envase de iogurte da empresa de laticínios. Foi realizado um estudo da estabilidadade do processo, utilizando o Controle Estatístico de Processo (CEP), em que foram calculados os limites de controle e geradas as cartas de controle para média ($\overline{X}$) e amplitude (R) para cada um dos dois lados do envase. Utilzaram-se 118 amostras, com um subgrupo de tamanho dois, referentes a três dias de produção. A capacidade do processo foi verificada com os índices C_p, C_{pk} e C_{pm}. Por fim, foi proposto um plano de ação para a empresa, utilizando-se o método *5W1H*. As cartas de controle encontram-se sob controle estatístico, concluindo que não há presença de causas especiais de variação sobre este processo. Os índices mostraram que a capacidade não está adequada à especificação. O plano de ação propõe à empresa um projeto de experimentos para regular a dosagem durante o envase. Após realizar este projeto e otimizar o envase, é preciso propor novos limites de especificações, pois a média dos pesos das bandejas está mais alta do que os limites de especificações atuais, tornando o processo com capacidade inadequada.

Palavras-chave: Qualidade. Mapeamento. Controle Estatístico do Processo (CEP). Laticínios.

ABSTRACT

The objective of this work was to present a proposal to improve the filling process of yoghurt in a dairy company in order to reduce the variability. A study on process stability was carried out. It used the Controle Estatistico de Processo (CEP), in which the control limits were calculated and the control charts were generated to average (X) and amplitude (R) to each of the two sides of the filling. 118 samples were used, with a subgroup size two, referred to three production days. The process capability was checked with the indeces cp, cpk and cpm. Finally, an action plan was suggested to the company using the 5W1H method. The control charts are under statistical control, concluding that there is not a presence of special causes to variations on this process. The indices show that the capacity is not adequate to the specification. The action plan offers the company a project with experiments in order to regulate the batching during the filling process. After performing this project and optimize the filling process, it is necessary to suggest new specification limits, because the average weight of trays is higher than the new limit specifications, making the process have inadequate capacity.

Key words: Quality. Mapping. Statistic Process Control (SPC). Dairy.

Recebido em: 17-12-2019 Aceito em: 07-05-2020

1 INTRODUÇÃO

A competitividade entre as empresas aumenta a cada dia. Ter um diferencial é primordial no mercado atual. Um fator que gera vantagem competitiva para as organizações é a qualidade dos produtos e serviços. Segundo Montgomery (2016), controlar e melhorar a qualidade dos processos tornou-se uma estratégia de negócios para as organizações. O Controle Estatistico de Processos (CEP) é uma metodologia aplicada à produção, que busca encontrar e reduzir as variabilidades existentes nos processos, melhorando a qualidade intrínseca, a produtividade, a confiabilidade e o custo do que está sendo produzido (LOUZADA et al., 2013).

Os principais métodos do CEP são as cartas de controle e os índices de capacidade (MONTGOMERY, 2016). As principais cartas de controle são as cartas de controle para atributos e as cartas de controle para

[*] Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade federal de Pelotas – UFPel.
[**] Doutora em Automatique et Informatique Appliquées (Spécialité Génie Industriel Qualité), pela Université de Nantes. Mestra em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pos-Doutorado na Ecole des Mines de Nantes. E-mail: afprosa61@gmail.com
[***] Doutora e mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Universidade Federal do Rio Grande, especialização em Gestão da Segurança de Alimentos pelo SENAC-RS e Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Católica de Pelotas.

variáveis (MACIEL; BRANCO; WERNER, 2014) - utilizadas para distinguir causas comuns de causas especiais e, assim, monitorar e controlar processos (MONTGOMERY, 2016). Porém, mesmo um processo sob controle estatístico, produz itens defeituosos. Por isso, não é suficiente manter um processo sob controle. É fundamental avaliar se o processo é capaz de atender às especificações estabelecidas a partir das necessidades dos clientes (GONÇALVES; WERNER, 2009). Os índices de capacidade são valores adimensionais que permitem uma quantificação do desempenho de processos e abjetivam avaliar se um processo gera produtos que atendam às especificações de engenharia, sendo os mais frequentemente utilizados: Cp, Cpk e Cpm (RAMOS; HO, 2003; RAMOS, 2013).

Com o crescimento da economia no Brasil em 2018, o consumo de lácteos aumentou após três anos consecutivos de quedas (GALAN, 2018). Diante deste cenário, as indústrias de laticínios precisam encontrar técnicas para permanecerem competitivas no mercado. Uma das metodologias que podem ser utilizadas pelas empresas, a fim de controlar a qualidade e assegurá-la aos seus clientes, é o Controle Estatístico de Processo (CEP).

De acordo com Slack; Brandon-Jones; Johnston (2018), os processos são operações que transformam *inputs* (entradas) em *outputs* (saída) e, para ter um controle sobre o processo e aumentar sua qualidade, é preciso realizar o mapeamento do mesmo. O mapeamento ajuda a compreender todo o processo, sendo mais fácil a visualização do que pode ser melhorado. Quando as empresas possuem seus processos mapeados, fica mais fácil aplicar outras metodologias para melhorar sua eficiência. Segundo Louzada et al., (2013), o CEP é um conjunto de técnicas usadas com a finalidade de planejar, monitorar e aprimorar um processo produtivo.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi apresentar uma proposta de melhoria para reduzir a variabilidade do processo de envase de iogurte de uma empresa de laticínios do Rio Grande do Sul.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta o Controle Estatístico do Processo (CEP), com dois de seus principais métodos: cartas de controle e índices de capacidade.

2.1 Controle Estatístico do Processo

As empresas buscam melhorar o desempenho dos seus processos continuamente, focando na diminuição da variabilidade que existe nos parâmetros-chaves do processo para torná-lo estável e conseguir atender às expectativas dos seus clientes (MONTGOMERY, 2016).

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma metodologia que detalha o comportamento e a variabilidade do processo e, desta forma, permite monitorá-lo, contribuindo para a melhoria contínua, produzindo produtos de alta confiabilidade. O CEP utiliza cartas de controle de processo, as quais auxiliam na identificação de causas comuns ou especiais em um processo (PIRES, 2000; RIBEIRO; CATEN, 2012).

Segundo Montgomery (2016), a variabilidade natural está presente em qualquer processo produtivo e é ocasionada por causas comuns. Um processo estável é aquele que atua somente com a presença de causas comuns, sendo assim, o processo está sob controle (RIBEIRO; CATEN, 2012). As causas comuns, geralmente, estão relacionadas ao meio ambiente, matéria-prima, dentre outras, e são de difícil controle. Sua eliminação ou minimização requer normalmente investimentos em equipamentos mais qualificados, matérias-primas de melhor qualidade e treinamento de operadores (PIRES 2000). Porém, quando existem causas especiais, que não fazem parte do padrão de causas aleatórias e geram efeitos indesejados, o processo é considerado fora de controle (MONTGOMERY, 2016).

As causas especiais afetam o comportamento de um processo de maneira imprevisível e são consideradas falhas de operação. O surgimento de causas especiais devem ser sanadas imediatamente após a sua identificação, pois tem um grande impacto econômico (RAMOS, 2000; RIBEIRO; CATEN, 2012). As causas especiais estão relacionadas a equipamentos e instrumentos desregulados. É de suma importância que os dados coletados no processo sigam uma distribuição normal, caso contrário, podem ocorrer erros de interpretação entre as causas comuns e especiais, comprometendo as conclusões referentes ao comportamento do processo (PIRES, 2000).

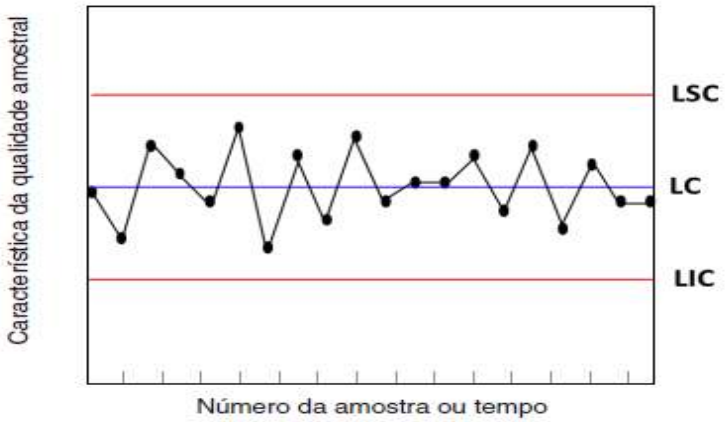
2.1.1 Cartas de Controle

As cartas de controle são uma das principais técnicas do CEP, usadas para monitorar o desempenho de um processo e encontrar as causas especiais para eliminar a variabilidade (MONTGOMERY, 2016). Estas cartas podem ser univariadas ou multivariadas. Quando as variáveis, alvos do processo que está sendo monitorado, podem ser independentes, utilizam-se cartas de controle univariadas (MACIEL; BRANCO; WERNER, 2014).

As cartas de controle univariadas são representações gráficas compostas por três linhas horizontais

paralelas: Linha Superior de Controle (LSC), Linha Inferior de Controle (LIC) e Linha Central (LC). Para construir estas cartas, são realizadas medições de variáveis que influenciam o desempenho do processo estudado em pontos espaçados no tempo (MONTGOMERY, 2016; SHEWHART, 1931). O processo é considerado estatisticamente "sob controle" quando todos os pontos amostrais estiverem dentro dos limites de controle de forma aleatória (Figura 1).

Figura 1 – Carta de controle sob controle estatístico



Fonte: Adaptado de Santos et al., (2010).

Quando um ou mais pontos estiverem fora destes limites de controle, o processo é considerado "fora de controle". Neste caso, o processo deve ser investigado para detectar as causas especiais existentes e, assim, aplicar ações corretivas (SANTOS et al., 2010).

De acordo com Maciel; Branco; Werner, (2014), os processos podem ser analisados através do monitoramento de variáveis ou atributos. A classe de variáveis é usada, geralmente, quando se tem valores numéricos, por exemplo, a altura de uma pessoa. Já a classe de atributos é usada quando se tem um atributo de um determinado produto, por exemplo, o número de não conformidades em uma amostra (MONTGOMERY, 2016). Para fins do presente estudo, tem-se o enfoque nas cartas de controle de variáveis, pois a variável de interesse é o peso das bandejas de iogurte.

2.1.1.1 Cartas de Controle para Variáveis

As variáveis são características da qualidade que podem ser expressas por valores numéricos. Quando se deseja controlar as variáveis de um processo, considera que esta variável segue uma distribuição normal (PEINADO; GRAEML, 2007).

As cartas de controle para variáveis são usadas aos pares a fim de monitorar duas estatísticas calculadas a partir de uma variável característica da qualidade do processo em estudo. Uma estatística monitorada deve ser representativa da tendência central da variável, podendo ser a média calculada a partir das amostras da variável. A outra estatística a ser monitorada deve ser representativa da dispersão ou variabilidade da variável, podendo ser a amplitude, o desvio-padrão ou a variância, calculadas a partir das amostras da variável. A carta de controle para variáveis mais usada é a da média e amplitude ($\overline{X}$ e R) em que a carta $\overline{X}$ monitora a média do processo, e a carta R é usada para controlar a variação de um processo.

As cartas de controle para média ($\overline{X}$) e amplitude (R) controlam a variação da média e da amplitude do processo e são utilizadas para analisar valores contínuos da característica da qualidade do produto (MONTGOMERY, 2016).

Os limites de controle da carta para média ($\overline{X}$) são obtidos através das equações dadas em (1.1), sendo $\overline{\overline{X}}$ a média das médias das amostras, $\overline{R}$, a média das amplitudes das amostras e A_2, um valor tabelado que representa o fator para construção da carta de controle.

$$\begin{aligned} LSC &= \overline{\overline{X}} + A_2\,\overline{R} \\ LC &= \overline{\overline{X}} \\ LIC &= \overline{\overline{X}} - A_2\,\overline{R} \end{aligned} \qquad (1.1)$$

Para o cálculo dos limites de controle da carta para amplitude (R), são utilizadas as equações dadas em (1.2), em que $\overline{R}$ é a média das amplitudes das amostras e D_3 e D_4 valores constantes para construção de cartas de controle que dependem do número de observações dos subgrupos.

$$LSC=D_4\ \bar{R}$$
$$LC=\bar{R} \qquad (1.2)$$
$$LSI=D_3\ \bar{R}$$

2.1.2 Índice de Capacidade Univariados

As empresas precisam avaliar a capacidade dos seus processos, a fim de verificar se ele é capaz de gerar produtos que atendem às especificações dos seus clientes (MINGOTIA; OLIVEIRA; CONCEIÇÃO, 2011). Para isso, utilizam os índices de capacidade, outra técnica do Controle Estatístico do Processo muito utilizada pelas empresas, por ser de simples obtenção e fácil de avaliar.

Segundo Rodrigues (2001), para utilizar os índices de capacidade do processo, deve-se considerar que o processo esteja estável e que os dados são independentes e normalmente distribuídos. Quando pretende estudar apenas uma característica da qualidade do processo, são utilizados os índices de capacidade univariados. De acordo com Montgomery (2016), os principais índices utilizados para verificar se o processo atende às especificações ou não são o C_p, C_{pk} e C_{pm}. Estes índices serão descritos a seguir.

2.1.2.1 Índice de Capacidade Potencial (C_p)

O índice C_p, conhecido como índice de capacidade potencial do processo, relaciona a variabilidade permitida ao processo com a variabilidade natural do mesmo (GONÇALVES; WERNER, 2009).

Este índice pode ser obtido através da equação (1.5), em que LSE é o limite superior de especificação; LIE é o limite inferior de especificação; por fim, σ é o desvio-padrão do processo.

$$C_p = \frac{LSE-LIE}{6\sigma} \qquad (1.3)$$

A análise deste índice pode ser feita da seguinte forma, conforme Ramos (2013):

a) se $C_p < 1$, a capacidade do processo não é adequada à especificação estabelecida;
b) se $1 \leq C_p \leq 1{,}33$, a capacidade do processo está dentro da especificação estabelecida;
c) se $C_p > 1{,}33$, a capacidade do processo é adequada à especificação estabelecida.

Desde modo, este índice pode ser usado para saber se o processo é potencialmente capaz ou não de atender às especificações estabelecidas no projeto (GONÇALVES; WERNER, 2009).

2.1.2.2 Índice de Capacidade Relativo à Localização (C_{pk})

O índice C_{pk} ou índice de capacidade relativo à localização se diferencia do índice C_p, por levar em consideração a distância média do processo em relação aos limites de especificação.

O cálculo do índice C_{pk} pode ser realizado utilizando a equação (1.6), sendo LSE o limite superior de especificação; LIE - o limite inferior de especificação; μ - a média do processo; e σ o - desvio-padrão do processo.

$$C_{pk} = \min\left(\frac{LSE-\mu}{3\sigma}, \frac{\mu-LIE}{3\sigma}\right) \qquad (1.4)$$

Quando $C_p=C_{pk}$, o processo está centralizado no ponto médio das especificações; já quando $C_{pk}< C_p$, o processo está descentralizado (MONTGOMERY, 2016). As demais interpretações deste índice podem ser feitas utilizando as mesmas condições estabelecidas para o índice C_p.

2.1.2.3 Índice de Capacidade Relativo à Localização e à Dispersão (C_{pm})

O índice de capacidade relativo à localização e à dispersão, ou índice C_{pm}, considera a variação do processo e, também, a distância da sua média em relação ao valor nominal da especificação (GONÇALVES; WERNER, 2009).

O índice C_{pm} pode ser calculado pela equação (1.7), em que LSE é o limite superior de especificação; LIE é o limite inferior de especificação; μ é a média do processo; σ é o desvio-padrão do processo; e T é o valor nominal da especificação.

$$C_{pm} = \frac{LSE-LIE}{6\sqrt{\sigma^2+(\mu-T)^2}} \qquad (1.5)$$

O valor de C_{pm} é menor quanto maior a variabilidade existente no processo e, também, quanto mais distante o processo está em relação ao valor nominal (GONÇALVES; WERNER, 2009).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa do presente trabalho é considerada de natureza exploratória. De acordo com Gil (2017), este tipo de pesquisa visa tornar o problema mais explícito e construir hipótese, sendo representada por meio de pesquisas bibliográficas e estudo de caso. O procedimento técnico escolhido para a realização desta pesquisa foi o estudo de caso.

O estudo de caso foi realizado em um empresa do ramo alimentício, localizada na Serra Gaúcha, em Nova Petrópolis-RS. A empresa é uma cooperativa que atua no mercado de lácteos, sendo destaque pelos seus leites UHT. Nesta empresa, o processo de envase de bandejas de iogurte é realizada em uma máquina, cujo processo de envase de bandejas ocorre paralelamente nos lados direito e esquerdo da máquina. Notou-se que há uma diferença de peso entre as bandejas que são envasadas no lado esquerdo com relação às bandejas envasadas no lado direito da máquina.

A variável de interesse era o peso da bandeja. O peso padrão deste tipo de bandeja de iogurte que é comercializado nos mercados é de 540 g, porém, nesta indústria, o valor alvo do peso é de 568 g. Os limites de especificação inferior e superior determinados pela empresa são, respectivamente, 566 g e 570 g.

A coleta dos dados de peso ocorreu no mês de setembro de 2019, em três dias consecutivos de produção, utilizando-se planilhas de controle visual e pesagem da bandeja preenchidas pelos operadores durante o processo. A cada 30min, durante 14,5 horas, eram coletadas quatro bandejas, sendo duas bandejas do “Lado 1” (lado direito) e duas do “Lado 2” (lado esquerdo) da máquina de envase. Cada bandeja era pesada em balança digital e feita uma análise visual da selagem e da formação dos vincos das bandejas, para verificar se elas estavam de acordo com o padrão estabelecido, ou seja, peso dentro dos limites de especificação e com a selagem e vincos bem formados. Todos estes dados de controle visual e pesagem eram anotados em uma planilha e, posteriormente, esses dados eram passados para um planilha do *Excel*.

O cálculo dos limites de controle superior e inferior para as cartas da média ($\overline{X}$) e amplitude (R) foram realizados através das equações (1.1) e (1.2), respectivamente. Após o calculo dos limites, foram construídas as cartas de controle, utilizando o *software Minitab* e calculado os índices de capacidade utilizando as equações (1.3), (1.4) e (1.5).

A variável de interesse era o peso da bandeja. O peso padrão deste tipo de bandeja de iogurte que é comercializado nos mercados é de 540 g, porém, nesta indústria, o valor alvo do peso é de 568 g. Os limites de especificação inferior e superior determinados pela empresa são, respectivamente, 566 g e 570 g.

Os dados foram analisados separadamente, o “Lado 1” (lado direito) e o “Lado 2” (lado esquerdo) da máquina de envase. Com os resultados obtidos, foi elaborado um plano de ação baseado no método 5W1H.

4 RESULTADOS

O processo de envase de iogurte em bandeja conta com a ajuda de quatro pessoas, um operador e três auxiliares de produção. O operador é responsável por ajustar a máquina, mantê-la em bom funcionamento, repor materiais (chapa e alumínio) e verificar se os produtos estão dentro dos parâmetros estabelecidos. Os auxiliares possuem a função de montar a caixa, colocar as bandejas na caixa e montar o pallet com estas caixas. O inicio do processo consiste em preparar a máquina, inserindo a chapa plástica, material que se transforma na bandeja de iogurte, e o alumínio. Ao ligar a máquina, inicia o processo de aquecimento das chapas de ferro; após esquentar, a chapa plástica passa por cinco chapas e recebe o formato de bandeja de iogurte quando, então, está pronta para o envase do produto.

O envase do iogurte, conhecido como dosagem, ocorre através de noventa e seis (96) tubos, que envasam quatro (4) bandejas, com seis (6) potes cada uma, ao mesmo tempo. São envasadas duas bandejas no lado direito da máquina e duas bandejas no lado esquerdo. Após esta etapa, ocorre a selagem das quatro bandejas, em que é colado o filme de alumínio que contém a data de fabricação, o lote e a data de validade do produto. A última etapa do envase é o corte, o qual é realizado em três etapas: corte 1, que corta as pontas das quatro bandejas, para ficarem ovais, corte 2, que separa as quatro bandejas e corte 3, que faz os vincos nas bandejas, ou seja, as dobras entre os seis potes que facilitam a repartição dos mesmos.

A coleta de amostras dos produtos ocorre a cada 30min de produção. São retiradas quatro bandejas da esteira, as quais são pesadas e analisadas se estão conformes ou não conformes, visualmente, com o padrão estabelecido. Todos estes dados coletados são anotados em uma planilha de controle visual, junto com a pesagem da bandeja. Essas quatro bandejas seguem por uma esteira, os auxiliares de produção montam as caixas, cada uma com doze bandejas, que passam por uma máquina de fita e são colocadas em um *pallet*, para, posteriormente, irem para a câmara fria.

4.1 Análises descritivas

A análise descritiva foi realizada com os dados de três dias de produção, analisando, separadamente, o “Lado 1” e o “Lado 2”. O tamanho da amostra foi de cento e dezoito (118) observações, sendo a média do Lado 1 de 574,85 g, o desvio padrão de 3,08 g e a variância de 9,47 g. A média do Lado 2 foi de 574,52 g, o desvio padrão de 2,93 g, um pouco menor do que o Lado 1, e a variância de 8,58 g.

4.2 Teste da normalidade da variável

De acordo com Montgomery (2016), é importante que os dados sigam uma distribuição normal para construir as cartas de controle para média ($\bar{X}$) e amplitude (R). Diante deste cenário, utilizou-se o gráfico de probabilidade, gerado pelo *software Minitab* para testar a normalidade dos dados em que se compara o valor-p com o nível do erro do tipo I do teste de hipótese estatístico (α=0.05 para um teste de hipótese com nível de significância de 95%. Este nível indica que o risco de concluir que os dados não seguem a distribuição quando eles realmente a seguem é de 5%. Se o valor-p for maior do que α, a hipótese nula não pode ser rejeitada, pois não há evidências suficientes para concluir que os seus dados não seguem a distribuição testada no teste de hipótese estatístico.

Ambos os lados seguiram uma distribuição normal dos dados, sendo, dessa forma, possível construir as cartas de controle para média ($\bar{X}$) e amplitude (R). O Lado 1 obteve um valor-p igual a 0,059, e o Lado 2, igual a 0,158; em ambos, os casos maior que o α de 0,05, ou seja, a hipótese nula não pode ser rejeitada e os dados seguem uma distribuição normal.

4.3 Cálculo de limites tentativos e cartas de controle

A característica de qualidade em estudo, peso das bandejas de iogurte, é uma variável aleatória. Assim, é preciso monitorar a média e a variabilidade desta característica de qualidade, para isso, utilizam-se as cartas de controle para média ($\bar{X}$) e amplitude (R). Para construir as cartas de controle, foram utilizadas de cento e dezoito (118) amostras, com um subgrupo de tamanho dois (n=2), referentes a três dias de produção. O cálculo dos limites de controle tentativos para média ($\bar{X}$) e amplitude (R) foi realizado utilizando-se as equações (1.1) e (1.2), respectivamente, do referencial teórico.

Os limites de controle da carta de controle para média ($\bar{X}$) para o Lado 1 foram: Limite Superior de Controle (LSC) igual a 580,66 g; Limite Central (LC) igual a 574,85 g; e Limite Inferior de Controle (LSI) igual a 569,04 g. Sendo $\bar{\bar{X}}$ igual a 574,85, $\bar{R}$ igual a 3,09 e A_2 igual a 1,88.

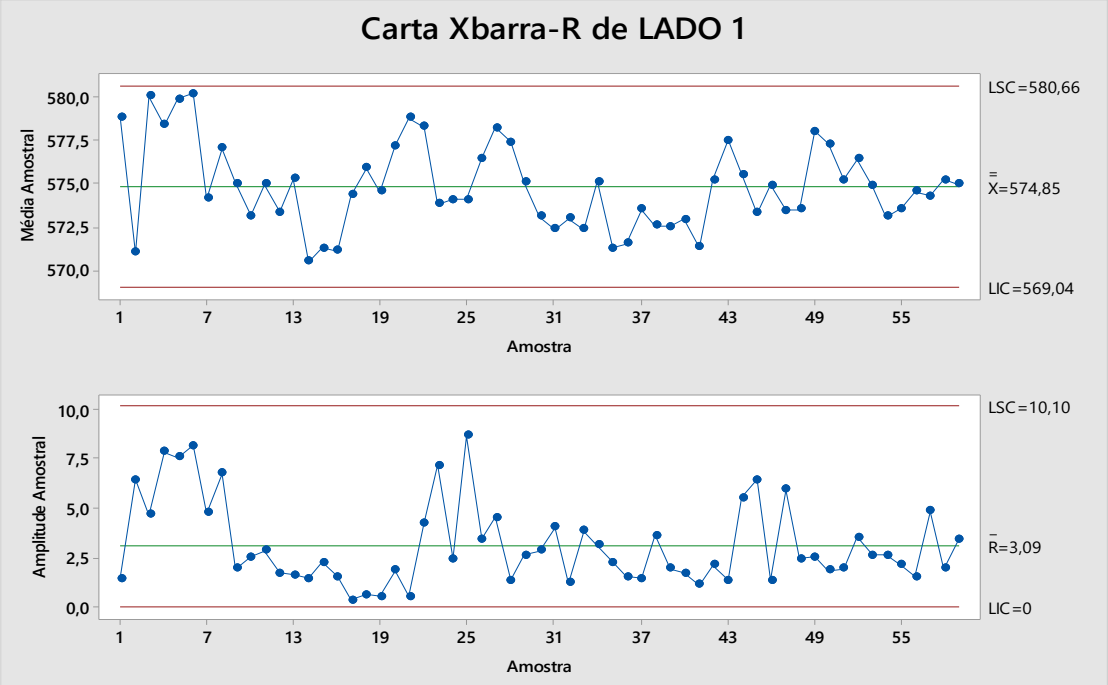
Os limites de controle da carta de controle para amplitude (R) para o Lado 1 foram: Limite Superior de Controle (LSC) igual a 10,10 g; Limite Central (LC) igual a 3,09 g; e Limite Inferior de Controle (LSI) igual a 0 g. Sendo $\bar{R}$ igual a 3,09, D_3 igual a 0 e D_4 igual a 3,267.

O mesmo procedimento anterior foi realizado para construir as cartas de controle para média ($\bar{X}$) e amplitude (R) do Lado 2. Sendo assim, os limites de controle da carta para a média ($\bar{X}$) do Lado 2 foram: Limite Superior de Controle (LSC) igual a 580,26 g; Limite Central (LC) igual a 574,52 g; e Limite Inferior de Controle (LSI) igual a 568,78 g. Sendo $\bar{\bar{X}}$ igual a 574,52, $\bar{R}$ igual a 3,05 e A_2 igual a 1,88.

Os limites de controle da carta de controle para amplitude (R) encontrados para Lado 2 foram: Limite Superior de Controle (LSC) igual a 9,97 g; Limite Central (LC) igual a 3,05 g; e Limite Inferior de Controle (LSI) igual a 0 g. Sendo $\bar{R}$ igual a 3,05, D_3 igual a 0 e D_4 igual a 3,267.

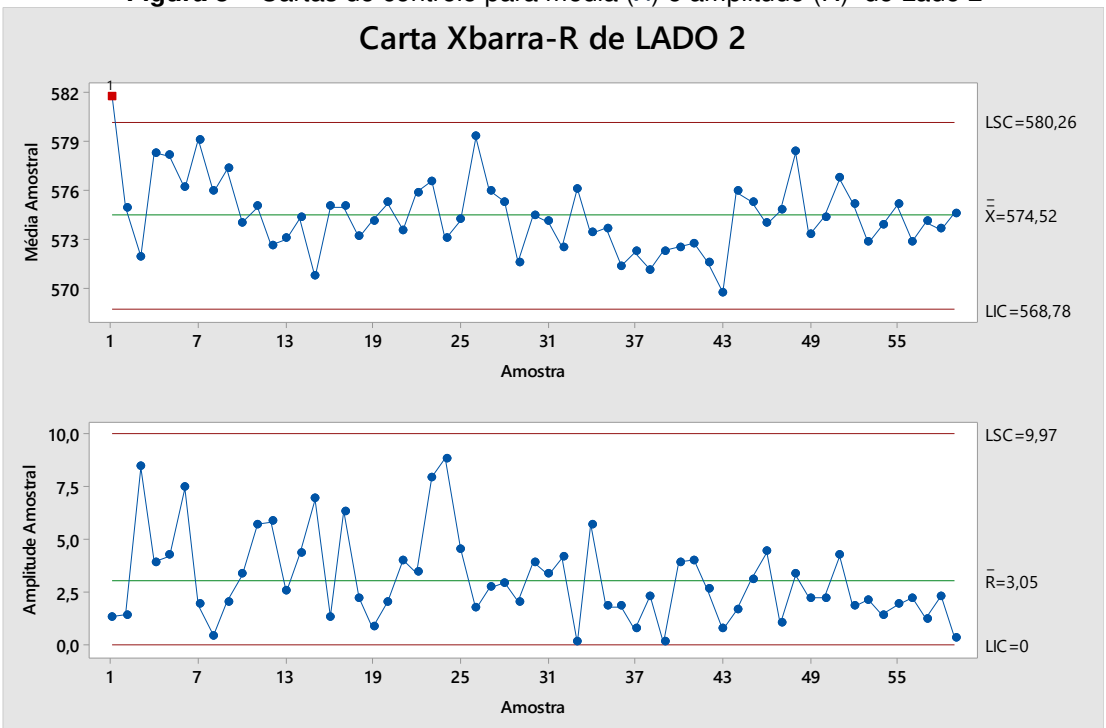
Após calcular os limites de controle, as cartas de controle para média ($\bar{X}$) e amplitude (R) foram geradas no *software Minitab* e estão ilustradas nas Figuras 2 (Lado 1) e 3 (Lado 2).

Figura 1 – Cartas de controle para média ($\bar{X}$) e amplitude (R) do Lado 1



Fonte: Elaborado com base nos dados da pesquisa, (2019).

Figura 3 – Cartas de controle para média ($\bar{X}$) e amplitude (R) do Lado 2



Fonte: Elaborado com base nos dados da pesquisa, (2019).

É possível perceber que o Lado 1 está sob controle estatístico, pois nenhum ponto amostral encontra-se fora dos limites de controle. Porem, ao analisar o Lado 2, verifica-se que a carta R é estável, de forma que é adequada para interpretar a carta $\bar{X}$, porém um ponto está fora dos limites de controle na carta $\bar{X}$ (ponto em vermelho). Este ponto significa que o processo não é considerado estatisticamente "sob controle" ou não está estatisticamente estável quanto às médias amostrais.

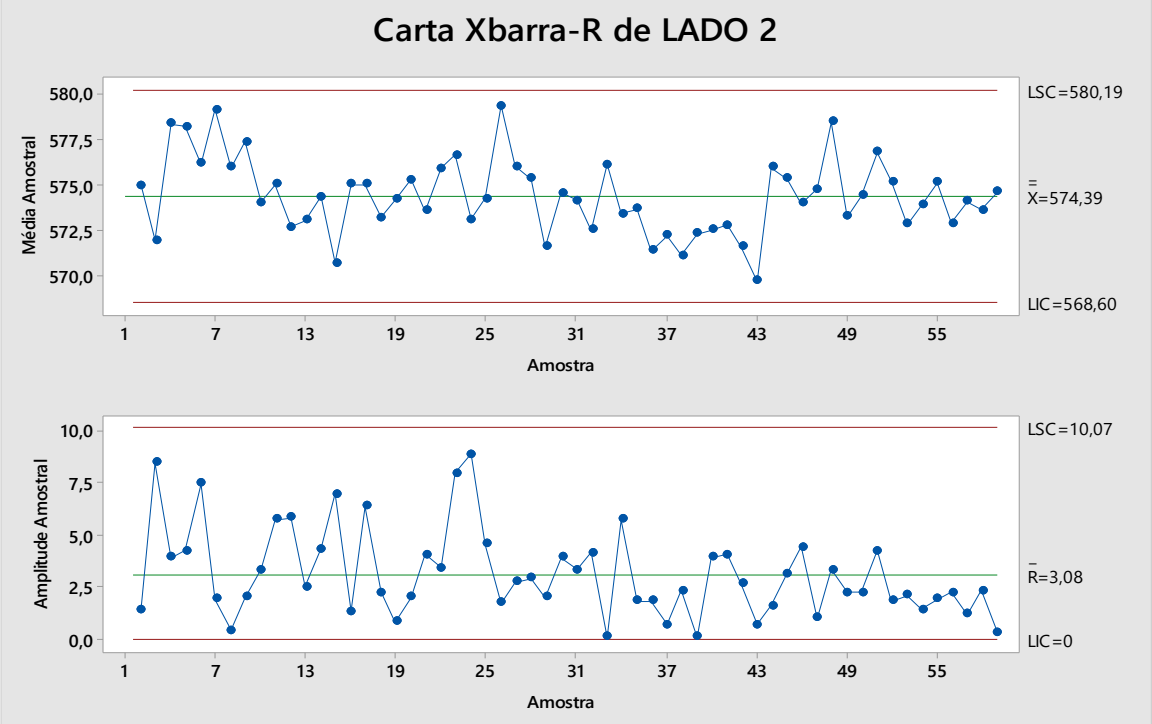
De acordo com Montgomery (2016), quando existe um ponto fora dos limites de controle tentativos, é preciso rever tais limites. O ponto fora de controle deve ser eliminado e os limites devem ser recalculados. Diante desde cenário, eliminando a amostra 1 do Lado 2 (ponto fora dos limites de controle), os limites de

controle da carta de controle para média ($\overline{X}$) foram: Limite Superior de Controle (LSC) igual a 580,19 g; Limite Central (LC) igual a 574,39 g; e Limite Inferior de Controle (LSI) igual a 568,60 g. Sendo $\overline{\overline{X}}$ igual a 574,39, $\overline{R}$ igual a 3,08 e A_2 igual a 1,88.

Os limites de controle da carta de controle para amplitude (R) para o Lado 2, sem a amostra 1, foram: Limite Superior de Controle (LSC) igual a 10,07 g; Limite Central (LC) igual a 3,08 g; e Limite Inferior de Controle (LSI) igual a 0 g. Sendo $\overline{R}$ igual a 3,08, D_3 igual a 0 e D_4 igual a 3,267.

Após recalcular os limites de controle, as cartas de controle para média ($\overline{X}$) e amplitude (R) do Lado 2 foram geradas novamente no *software Minitab* e estão ilustradas na Figura 4, sendo possível perceber que ambas as cartas de controle, agora, estão sob controle estatístico, pois nenhum ponto amostral encontra-se fora dos limites de controle.

Figura 4 – Cartas de controle para média ($\overline{X}$) e amplitude (R) do Lado 2, sem a amostra 1



Fonte: Elaborado com base nos dados da pesquisa, (2019).

4.4 Capacidade do processo

De acordo com Montgomery (2016), os principais índices utilizados para verificar se o processo atende às especificações ou não são o C_p, C_{pk} e C_{pm}, os quais são calculados conforme as equações (1.5), (1.6) e (1.7), respectivamente.

Os resultados dos índices para o Lado 1 foram: C_p igual a 0,25; C_{pk} igual a -0,61 e C_{pm} igual a 0,09 e para o Lado 2 encontrados foram: C_p igual a 0,25; C_{pk} igual a -0,56 e C_{pm} igual a 0,10.

Esses resultados demonstram que a capacidade do processo, em ambos os lados, não está adequada à especificação, e o processo não está uniforme, pois todos os índices foram menores que 1,33 -valor mínimo geralmente aceito para um processo capaz.

5 DISCUSSÕES

A primeira análise realizada com os dados obtidos durante os três dias de produção foi por meio das estatísticas descritivas, a fim de resumir e descrever a tendência central e a dispersão de ambos os lados do processo analisado. A fim de facilitar a análise dos resultados, a Tabela 1 fornece um resumo das informações obtidas a respeito do processo.

Tabela 1 – Resumo das estatísticas descritivas

Lado do envase	Média (g)	Desvio padrão (g)	Variância (g)
Lado 1	574,85	3,08	9,47
Lado 2	574,52	2,93	8,58

Fonte: Elaborado com base nos dados da pesquisa, (2019).

Como resultado, é possível observar que a média de ambos os lados são próximas. Todavia, ao analisar o desvio padrão e a variância dos lados, percebe-se que os valores do Lado 1 são maiores quando comparados com o Lado 2; isso significa que os dados do Lado 1 possuem uma dispersão maior.

Após analisar as estatísticas descritivas dos dados, foi realizado um teste de normalidade com os mesmos, com o intuito de verificar se eles seguem ou não uma distribuição normal. Com os resultados dos gráficos de probabilidade dos dois lados, conclui-se que ambos os lados seguem uma distribuição normal, porquanto os valores-p encontrados são maiores que o α igual a 0,05. Ou seja, a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição normal não pode ser rejeitada no teste de normalidade com nível de confiança de 95%.

Como os dados são normalmente distribuídos, foram construídas as cartas de controle para média ($\overline{X}$) e amplitude (R), visto que a característica de qualidade em estudo, peso das bandejas de iogurte, é uma variável aleatória.

As cartas de controle para média ($\overline{X}$) e amplitude (R) do Lado 1 encontram-se sob controle estatístico, pois nenhum ponto amostral encontra-se fora dos limites de controle. Porém, ao analisar as cartas de controle do Lado 2, conclui-se que a carta R é estável, de forma que é adequada para interpretar a carta $\overline{X}$, mas um ponto está fora dos limites de controle na carta $\overline{X}$. Este ponto significa que o processo não é considerado estatisticamente "sob de controle". O ponto fora, amostra 1, foi eliminado e os limites foram recalculados, de modo que nenhum ponto amostral encontrou-se fora dos limites de controle, assim, ambas as cartas de controle, agora, estão sob controle estatístico. Como as cartas de controle de ambos os lados encontram-se sob controle estatístico, pode-se concluir que não há presença de causas especiais de variação sobre este processo.

A última análise realizada foi a verificação da capacidade do processo em estudo, para verificar adequação do comportamento do peso das bandejas de iogurte quanto aos padrões previamente estabelecidos. Ou seja, LIE = 566 g e LSE = 570 g, verificando, dessa forma, a capacidade do processo de satisfazer as solicitações dos clientes.

O valores dos índices C_p, C_{pk} e C_{pm} dos dois lados foram todos menores que 1,0 (Lado 1: C_p = 0,25; C_{pk} = -0,61 e C_{pm} = 0,09; Lado 2: C_p = 0,25; C_{pk} = -0,56 e C_{pm} = 0,10), que é um valor mínimo geralmente aceito para um processo ser capaz de atender à especificação estabelecida (RAMOS, 2013). Estes resultados demonstram que o desempenho do processo é incapaz de atender às especificações definidas para o processo, ou seja, o peso das bandejas não é uniforme. Além disso, os valores negativos de C_{pk} demonstram que a média do processo está fora dos limites de especificação definidos para o processo.

Após realizar a análise dos resultados obtidos, foi elaborado um plano de ação para propor à empresa em estudo, demonstrado no Quadro 1. O plano de ação foi baseado no método 5W1H, que auxilia na estruturação de planos a partir de questões-chave (O quê? Quem? Quando? Onde? Por quê? e Como?) (LIN; LUH, 2009).

Quadro 1 – Plano de ação

WHAT	WHY	WHO	WHEN	WHERE	HOW
Melhorar a dosagem durante o envase	Pesos das bandejas muito diferentes entre os lados envasados	Engenheiro de projeto	Janeiro de 2020	Máquina de envase	Projeto de experimentos para regulagem de dosagem
Rever os limites de especificação	Limites de especificações menores do que a capacidade do processo	Setor de qualidade	Janeiro de 2020	Projeto de experimentos	Recalcular os limites de especificação

Fonte: Elaborado com base nos dados da pesquisa, (2019).

O projeto de experimentos fatorial deve ser realizado a fim de regular a dosagem durante o envase de iogurte em bandeja, visto que existe uma diferença entre os pesos das bandejas que são envasados no lado direito da máquina em relação às bandejas envasadas no lado esquerdo. Este projeto é necessário, pois o processo é estável, porém não é uniforme. O projeto de experimentos permite a análise de um grande número de fatores simultaneamente, permitindo a identificação do efeito de cada fator na variável resposta, assim como o efeito de interações entre fatores (OPRIME; PUREZA; OLIVEIRA, 2017). Ou seja, poderiam ser estudadas a influência da vazão e da velocidade das esteiras no peso das bandejas e, assim, ter um maior controle do processo.

Além disso, após realizar o projeto de experimentos e otimizar o envase de iogurte, é preciso verificar a proposição de novos limites de especificações. Esta ação é necessária, porque a média dos pesos das bandejas que são envasadas está mais alta do que os limites de especificações atuais, tornando o processo com capacidade inadequada.

6 CONCLUSÕES

A análise descritiva dos dados mostrou haver diferença de peso entre as bandejas que são envasadas no lado esquerdo (1) com relação às bandejas envasadas no lado direito (2), sendo que os dados coletados do Lado 1 possuiam maior dispersão quando comparados com o Lado 2.

As cartas de controle (para média - $\overline{X}$ - e amplitude - R) do Lado 1 encontraram-se sob controle estatístico, pois nenhum ponto amostral estava fora dos limites de controle. Contudo, a carta de controle $\overline{X}$ do Lado 2 possuía um ponto fora dos limites de controle. Este ponto foi eliminado e os limites foram recalculados, de modo que nenhum ponto amostral encontrou-se fora dos limites de controle, assim, ambas as cartas de controle apresentaram-se sob controle estatístico. Desta forma, pode-se concluir que não há presença de causas especiais de variação sobre este processo.

Ao analisar a capacidade do processo de encontrar-se dentro dos limites de especificação (LIE = 566g e LSE = 570 g), os índices mostraram um processo incapaz, ou seja, o processo não está uniforme e a maioria dos dados estão fora dos limites de especificação.

Por fim, pode-se concluir que os objetivos traçados no início desse trabalho foram atingidos, tendo em vista que a aplicação do controle estatístico do processo no envase de iogurte em bandeja permitiu um maior entendimento da estabilidade e capacidade do processo e, com isso, foi possível propor um plano de ação baseado no método 5W1H para a empresa em estudo melhorar a qualidade de seu produto.

REFERÊNCIAS

GALAN, V. B. As ultimas tintas de 2018. **Milkpoint**. Panorama do mercado em 05/11/2018. Disponível em: https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/panorama-mercado/as-ultimas-tintas-de-2018-e-o-cenario-para-2019-211084/. Acesso em: 15 abr. 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2017.

GONÇALVES, P. U.; WERNER, L. Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais. **Gestão & Produção**, v. 16, p. 121-132, 2009.

LIN, C. C.; LUH, D. B. A vision-oriented approach for innovative product design. **Advanced engineering informatics**, v.23, p. 191-200, 2009.

LOUZADA, F. *et al*., **Controle estatístico de processos: uma abordagem prática para cursos de engenharia e administração**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MACIEL, T. H.; BRANCO, G. M.; WERNER, L. Cartas de controle multivariadas: Estudo de caso em vinícolas italianas. **Cadernos do IME – Série Estatística**. Rio de Janeiro, v. 37, p. 01-14, 2014.

MINGOTIA, S. A.; OLIVEIRA, F. L. P.; CONCEIÇÃO, M. M. C. Índices de capacidade para processos multivariados independentes: extensões dos índices de Niverthi e Dey e Mingoti e Glória. **Produção**, v. 21, n. 1, p. 94-105, 2011.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

OLIVEIRA, C. C. *et al*. **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio**. 1 ed. São Paulo:Instituto Adolfo Lutz. 2013.

OPRIME, P. C.; PUREZA, V. M. M.; OLIVEIRA, S. C. Sequenciamento sistemático de experimentos fatoriais como alternativa à ordem aleatória. **Gestão & Produção**, v. 24, p. 108-122, 2017.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PIRES, V. T. **Implantação do controle estatístico de processo em uma empresa de manufatura de óleo de arroz.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

RAMOS, A. W. **CEP para processos contínuos e em bateladas.** São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2000.

RAMOS, A. W.; HO, L. L. Procedimentos inferenciais em índices de capacidade para dados autocorrelacionados via bootstrap. **Produção**, v. 13, p. 50 – 62, 2003.

RAMOS, E. M. L. S. **Controle estatístico da qualidade**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. T. **Controle estatístico do processo. Série monográfica**. Porto Alegre: UFRGS, 2012.

RODRIGUES, L. A. C. **Índices de avaliação de processos: abordagem univariada e multivariada.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

RODRIGUES, M. C. **Aplicação de cartas de controle nas análises de rotina do laboratório de qualidade do leite da Embrapa Gado de Leite**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

SANTOS, A. G. *et al*., A importância dos gráficos de controle para monitorar a qualidade dos processos industriais: estudo de caso numa indústria metalúrgica. **Cadernos do IME – Série Estatística**. Rio de Janeiro, v. 28, p. 33-46, 2010.

SHEWHART, W. **Economic control of quality of manufactured product**. New York: D. Van Nostrand Company, 1931.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 8 ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2018.