

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO NO DESENVOLVIMENTO DE PLANO DE AÇÕES CORRETIVAS E ROTINAS DE TRABALHO

STATISTICAL PROCESS CONTROL IN DEVELOPING CORRECTIVE ACTION PLANS AND WORK ROUTINES

José Eduardo Silva Marinho Batista¹
Eva Wilma Senhorinho Gonçalves²
Marcele Elisa Fontana³

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo demonstrar o uso das ferramentas do controle estatístico de processo (CEP) na análise e monitoramento dos processos produtivos em uma empresa do ramo alimentício. A partir disso, um plano de ações corretivas e uma rotina padronizada de trabalho foram desenvolvidos para o monitoramento contínuo do processo. A empresa objeto de estudo apresentava produtos acabados com pesos fora da especificação. Amostras estratificadas divididas em subgrupos racionais foram coletadas. Logo após, foram realizadas análises através do gráfico de dispersão e histograma com o auxílio do *software Minitab 19*. Com isso, foi possível perceber que o processo estava fora de controle. As ferramentas como *Brainstorm*, diagrama de Ishikawa e 5W2H foram usadas para levantar as ações corretivas factíveis. Por fim, foi criada uma rotina padronizada para o monitoramento contínuo dessa característica da qualidade, tornando o processo mais robusto e possibilitando à empresa oferecer produtos com melhores padrões de qualidade.

Palavras-chave: Qualidade. Controle Estatístico de Processo. Gráfico de Controle.

ABSTRACT

This study aimed to demonstrate the use of statistical process control (SPC) tools in the analysis and monitoring of production processes in a company in the food industry. From this, a corrective action plan and a standardized work routine were developed for the continuous monitoring of the process. The company under study presented finished products with weights out of specification. Stratified samples divided into rational subgroups were collected. Soon after, analyzes were performed using scatter plots and histograms with the aid of Minitab 19 software. With that, it was possible to see that the process was out of control. Tools like Brainstorm, Ishikawa diagram and 5W2H were used to raise feasible corrective actions. Finally, a standardized routine was created for the continuous monitoring of this quality characteristic, making the process more robust and enabling the company to offer products with better quality standards.

Keywords: Quality. Statistical Process Control. Control Chart.

¹ Universidade Federal de Pernambuco - Centro Acadêmico do Agreste, eduardomarinhoep@outlook.com

² Universidade Federal de Pernambuco - Centro Acadêmico do Agreste, evawilma.cabj.5b@gmail.com

³ Universidade Federal de Pernambuco - Centro Acadêmico do Agreste, marcele.elisa@ufpe.br

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. Porém, na realidade, muitas organizações produzem com uma alta variabilidade das características da qualidade de seus produtos porque não possuem um monitoramento adequado destas características (MIRANDA, 2019).

Diante disso, o Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma ferramenta da qualidade que possibilita aumentar a confiabilidade do processo produtivo, 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 são monitoradas, assegurando que estas estejam dentro dos limites especificados e indicando quando se faz necessário intervir no processo analisado.

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 retrabalho 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 de 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. Depois de identificados os pontos fora de controle, elaborou-se um plano de ações corretivas, com o auxílio da ferramenta 5W2H, visando eliminar as causas

especiais, assim como uma rotina padronizada de trabalho com o intuito de monitorar continuamente o processo.

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

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Controle Estatístico de 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 (WERKEMA, 2006). 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 (MONTGOMERY, 2004).

Para a análise da qualidade pelo CEP, os gráficos de controle são as principais ferramentas. Eles são aplicados com a finalidade de detectar variações e a frequência com que elas ocorrem no processo produtivo (FU; WANG; DONG, 2017). Ratificando, de acordo com Haber et al. (2018), na estratégia do CEP, processos são controlados efetuando-se medições de variáveis de interesse em pontos espaçados no tempo e registrando os resultados nos gráficos de controle.

Além disso, Paladini (2008) também 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.

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, 2012). Os limites de controle para o gráfico de \bar{X} são calculados pelas Eq.1 a Eq.3.

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

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

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

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 de 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.

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

Além dos gráficos de controle, este artigo fez uso de outras ferramentas da qualidade, visto que

elas servem como auxílio para organização e análise dos dados, identificação das causas-raízes do problema e criação de propostas de melhorias no processo produtivo.

2.1 Ferramentas da qualidade

De acordo com Paladini (2004), as ferramentas da qualidade "são dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, mecanismos de operação, enfim, métodos estruturados para viabilizar a implantação da Qualidade Total". Para construir este trabalho, sete ferramentas foram utilizadas: Folha de verificação; Histograma; Fluxograma; Diagrama de causa e efeito; Diagrama de dispersão; *Brainstorming* e 5W2H.

Segundo Toledo et al., (2014), as folhas de verificação são utilizadas para registrar e agrupar de forma organizada os dados relacionados a uma tarefa ou a um processo em análise, podem ser formulários impressos ou digitais. Elas devem ser utilizadas com o objetivo de registrar dados de forma planejada, com organização na coleta e facilitando o seu uso (VIERA, 1999).

O histograma é um gráfico de barras no qual o eixo horizontal, subdividido em vários pequenos intervalos, apresenta os valores assumidos por uma variável de interesse. Ele deve ser utilizado como um facilitador na visualização do comportamento da distribuição, porque resume as informações contidas em um grande conjunto de dados.

O fluxograma é uma representação gráfica que apresenta todas as etapas de um processo. Trata-se de uma ferramenta útil para a visualização do processo como um todo e verificação da relação que há entre os vários passos que o constituem. O fluxograma representa as etapas do processo através de símbolos reconhecidos facilmente (BRASSARD, 2004).

De acordo com Toledo et al. (2014), “consiste numa representação gráfica que organiza de forma lógica, e em ordem de importância, as causas potenciais que contribuem para um efeito ou problema determinado”. Ele também argumenta que é comum a utilização de fatores principais para definir as principais causas para o problema enfrentado, como os 6M: Materiais, mão de obra, métodos de trabalho, equipamentos, meio ambiente e medições. Sendo que esses fatores são mutáveis e adaptáveis.

Segundo Marshall Jr. et al. (2006), esse diagrama apresenta a correlação (se ela existir) entre dois parâmetros, facilitando a percepção de alterações sofridas por uma variável, caso a outra se modifique. É possível identificar diferentes níveis de correlação, que de acordo com o autor, podem ser classificadas em: positiva, negativa ou sem correlação.

Brainstorming: Meireles (2001) definiu *Brainstorming* (Tempestade de ideias) como uma ferramenta utilizada na busca de soluções por meio da criatividade, através da qual um grupo de pessoas cria o maior número de ideias possíveis referentes a um tema selecionado previamente.

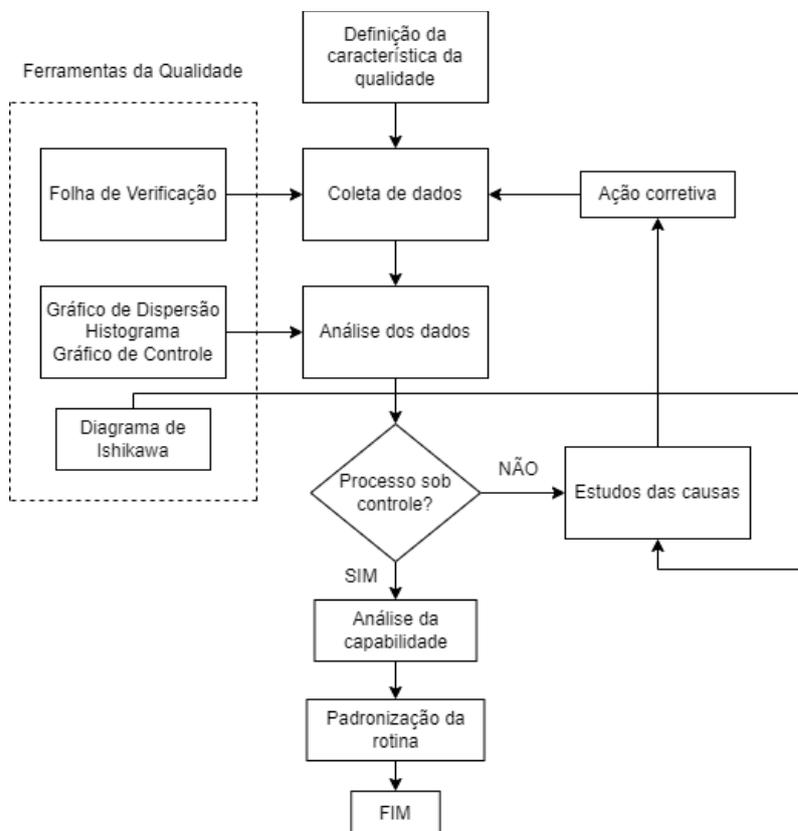
Por fim, com relação ao 5W2H, Carpinetti (2012) define que o primeiro W, What (o quê), deve ser utilizado para descrever o que será implementado; no segundo, Why (por quê), justifica-se o porquê da implementação da ação; no terceiro, Where (Onde), descreve-se o lugar onde será implementada a ação; no quarto, Who (Quem), define-se quais serão os responsáveis pela implementação; no último w, When (Quando), são definidos os prazos para a implementação; o primeiro H, How (como), descreve como será implementada a ação; e o segundo, How much (quanto custa), faz-se menção aos valores envolvidos na implementação.

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. Com relação a natureza da pesquisa, é classificado como pesquisa aplicada porque é dedicada à geração de conhecimento para uma aplicação prática com foco na solução de um problema específico na empresa estudada. As etapas propostas para esse trabalho são vistas na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma metodológico



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. As jornadas de trabalho são ininterruptas, ou seja, 24 horas de produção diária, divididas em três turnos: o “A” que funciona de 06hrs às 14hrs, o “B” de 14hrs às 22hrs e o “C” de 22hrs às 06hrs. 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, seguem-se com as análises através dos gráficos de controle, caso contrário, faz-se 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. Comprovado que o processo está sob controle, seguem-se para a etapa de análise da capacidade, caso contrário, seguem-se para a etapa de estudo das causas.

Etapa 5 – Estudo das causas: Após verificar que existiam pontos fora dos limites de controle foi realizado um *Brainstorming* com operadores, supervisor e coordenador da produção, para tentar identificar quais causas especiais estavam interferindo no processo. Após identificarmos as causas especiais, repetimos o processo para descobrirmos quais as causas que poderiam ocasioná-las e foram montados os diagramas de Ishikawa para cada causa especial, associando as possíveis causas relacionadas a máquina, medida, meio ambiente, material, método e matéria prima.

Etapa 6 – Ação corretiva: Fez-se o plano de ação 5W2H para sanar as causas especiais que afetam a característica da qualidade e retornou-se para a etapa de coleta de dados.

Etapa 7 – Análise da capacidade: Através do índice Cpk, verificou-se se o processo era altamente capaz, capaz ou incapaz de produzir conforme as especificações.

Etapa 8 – Padronização da rotina: Criou-se uma rotina para a coleta de dados e monitoramento do processo através dos gráficos de controle, definindo as pessoas envolvidas no processo e como essa rotina será desenvolvida.

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 por ser uma necessidade da empresa.

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, em um dia de trabalho 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.

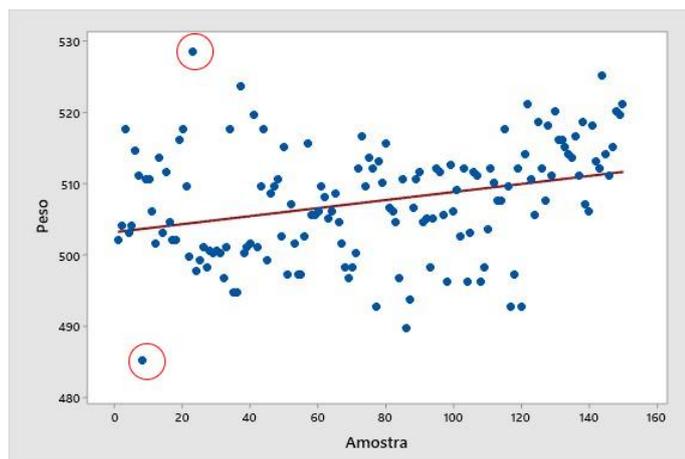
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Situação atual

Para confirmar se o processo estava sob controle ou não, foram feitas análises dos dados coletados das amostras da empacotadeira 1 em três dias subsequentes. A partir da análise do gráfico de dispersão (Figura 2) 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 2. Há também a presença de *outliers* destacados pelos círculos vermelhos.

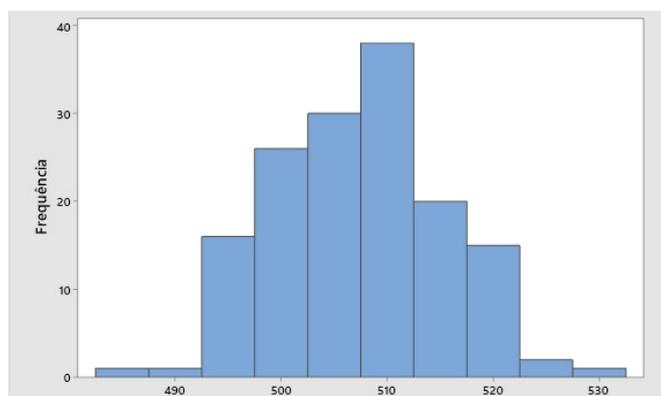
Figura 2 - Gráfico de dispersão



Fonte: Autores (2021)

Pelo histograma apresentado na Figura 3, 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.

Figura 3 - Histograma

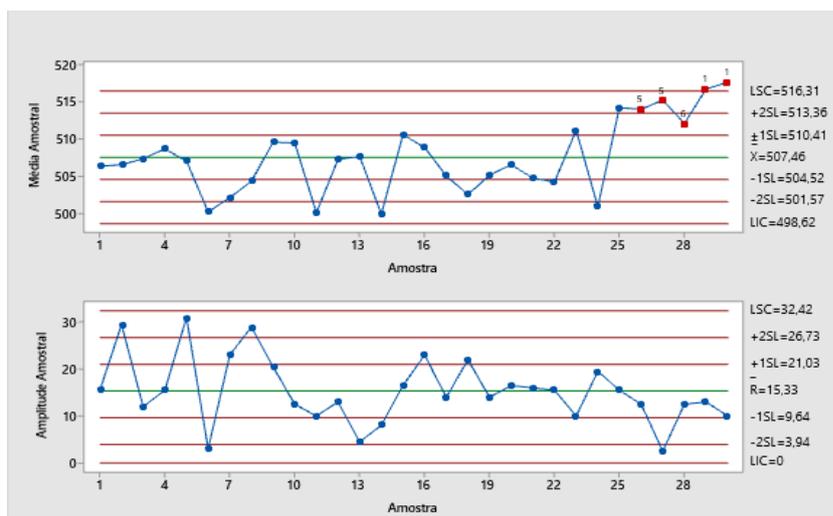


Fonte: Autores (2021)

O teste de *Anderson-Darling* foi utilizado para verificar a normalidade da distribuição dos dados. Com Valor-P > 0,05 (Valor-P= 0,309) há uma confirmação de que os dados seguem uma distribuição normal. Depois disso, foram construídos os gráficos de controle para a média e a amplitude, como mostrado na Figura 4, com limites superior e inferior a três desvios-padrão da linha central.

É possível que haja um desajuste no processo, porque para o gráfico de 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 4 - Gráficos de controle (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).

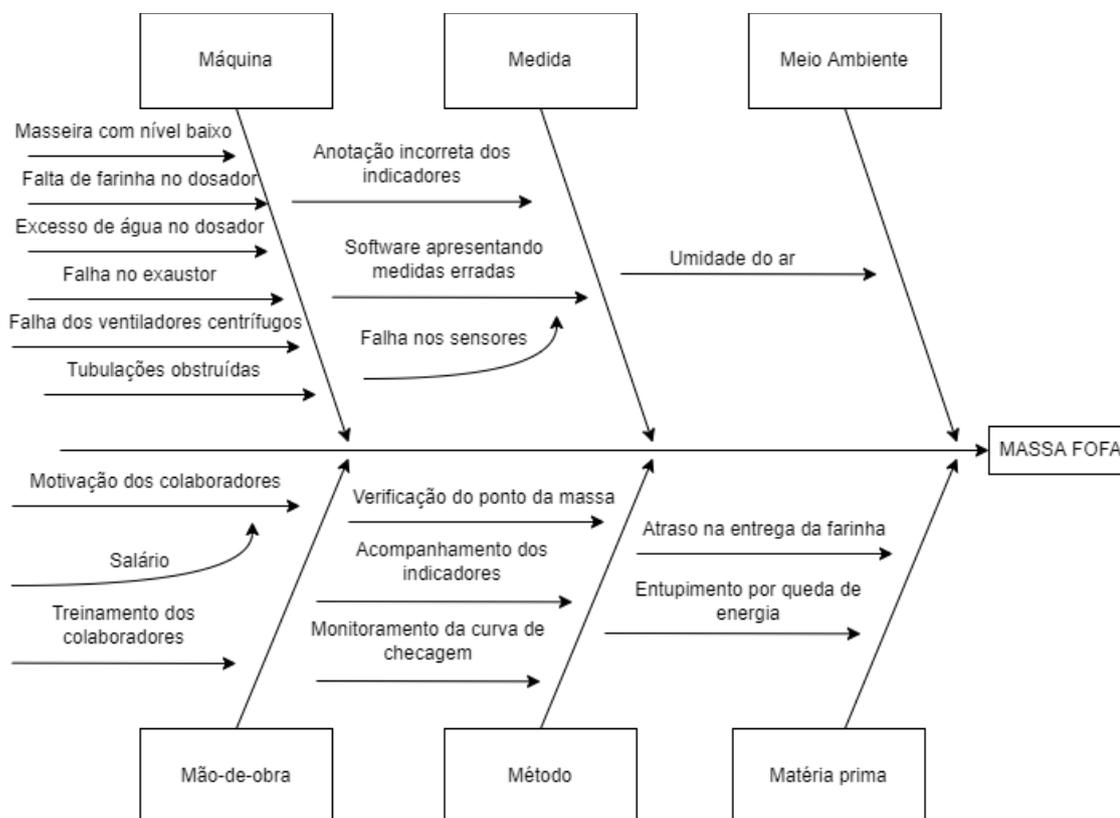
Os testes 2, 3, 4 e 7 não apresentaram anomalias nas amostras testadas. Contudo, no teste 1 as médias dos subgrupos 29 e 30, foram: 516,58 e 517,48, portanto, maior que 3 desvios-padrão da linha central (LSC=516,31). No teste 5, as médias dos subgrupos 26, 27, 29 e 30, cujos valores são 513,88, 515,08, 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. Com o objetivo de entender e eliminar as causas especiais que podem alterar o peso do produto na etapa de empacotamento, um *Brainstorming* foi feito junto aos operadores, supervisor e coordenador da produção. Através das informações levantadas, foi possível perceber que as causas especiais que interferem no peso dos produtos, são:

- Umidade alta da massa;
- Calibragem mecânica das balanças das empacotadeiras;
- Parâmetros utilizados no software das empacotadeiras;
- Experiência do operador;
- Percentual de massa quebrada no empacotamento.

Logo após, foram levantadas todas as causas que poderiam ocasionar tais problemas. Por meio deste levantamento é possível montar os diagramas de Ishikawa. Neste artigo, o diagrama apresentado é apenas para o problema umidade alta da massa, conhecida como massa fofa (Figura 5), pois esse problema foi apontado como prioritário pelos gestores da empresa.

Figura 5 - Diagrama de Ishikawa para massa fofa



Fonte: Autores(2021)

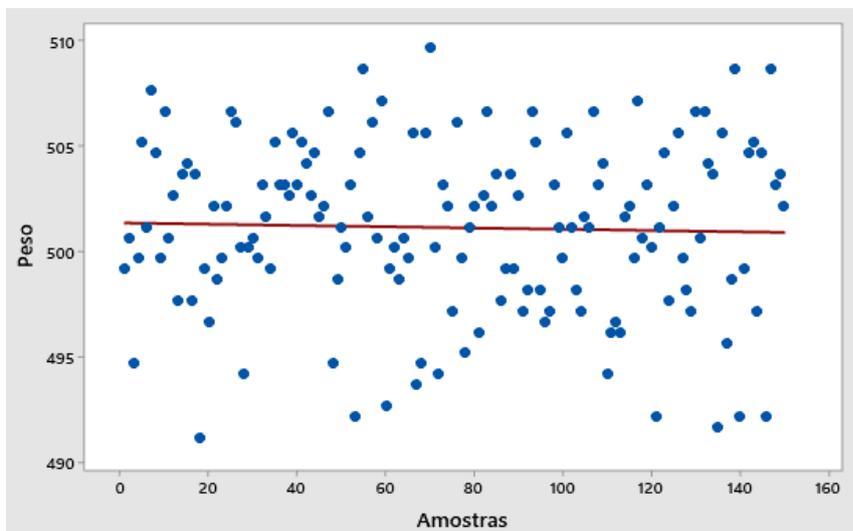
5.2 Desenvolvimento do plano de ação

Após a determinação da quantidade de farinha e de pó moído a serem utilizados no processo, em conjunto com as informações extraídas por meio dos diagramas, a próxima etapa foi a elaboração de um plano de ação, criado a partir da ferramenta 5W2H, com o objetivo de eliminar as causas especiais que afetam a característica da qualidade, peso líquido do produto, como apresentado no Apêndice A.

5.3 Depois da aplicação das melhorias

Após a aplicação das ações de correção, amostragens em três dias subsequentes foram coletadas novamente. Através do diagrama de dispersão, exposto na Figura 6, é possível perceber que os valores dos pesos dos produtos coletados oscilam entre 491,18 e 509,68 g, com ausência de correlação entre o peso do produto e a sequência temporal em que ele foi coletado.

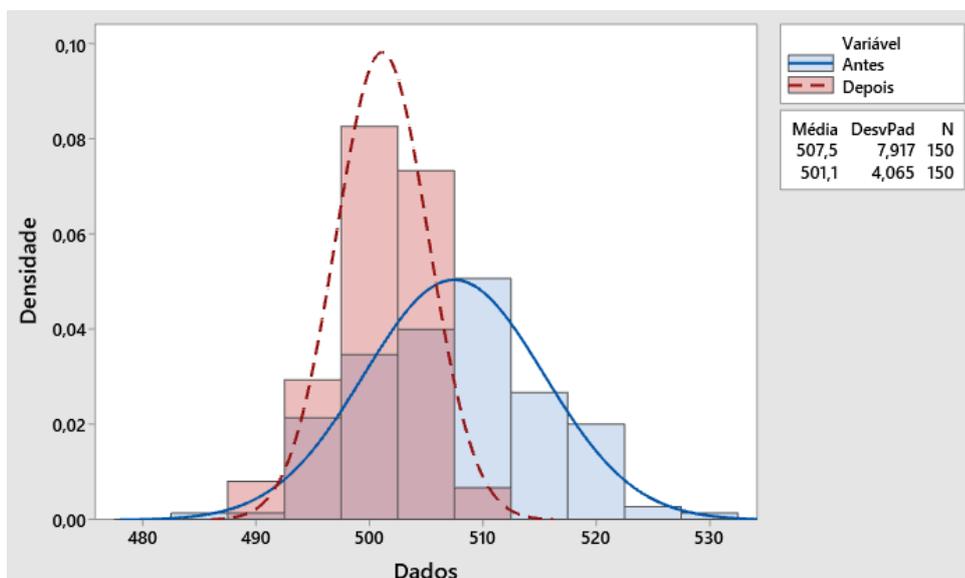
Figura 6 - Gráfico de dispersão após as melhorias



Fonte: Autores (2021)

Logo após, foram plotados os histogramas mostrados na Figura 7, nos quais o vermelho representa os dados após as aplicações do plano de ação e o azul, antes das aplicações. Analisando-os, observa-se que na situação posterior há uma maior frequência de dados com valores próximos a 501g. Se comparada esta situação com a anterior, observa-se que havia uma maior frequência de dados com valores em torno de 510g, o que demonstra que as aplicações do plano de ação surtiram efeito e causaram uma melhoria significativa no processo. É possível perceber visualmente que as causas especiais que afetavam o processo interferiam na média, que na situação posterior foi igual a 501,1g e anteriormente era 507,5g. E também afetavam a variabilidade dos dados, o que é percebido se comparadas as duas curvas, pois a curva vermelha é mais fechada que a azul, indicando que havia uma maior variabilidade nos valores dos dados, o que é verificável também se comparados os valores dos desvios-padrão, o atual possui o valor de 4,065g e o anterior de 7,917g.

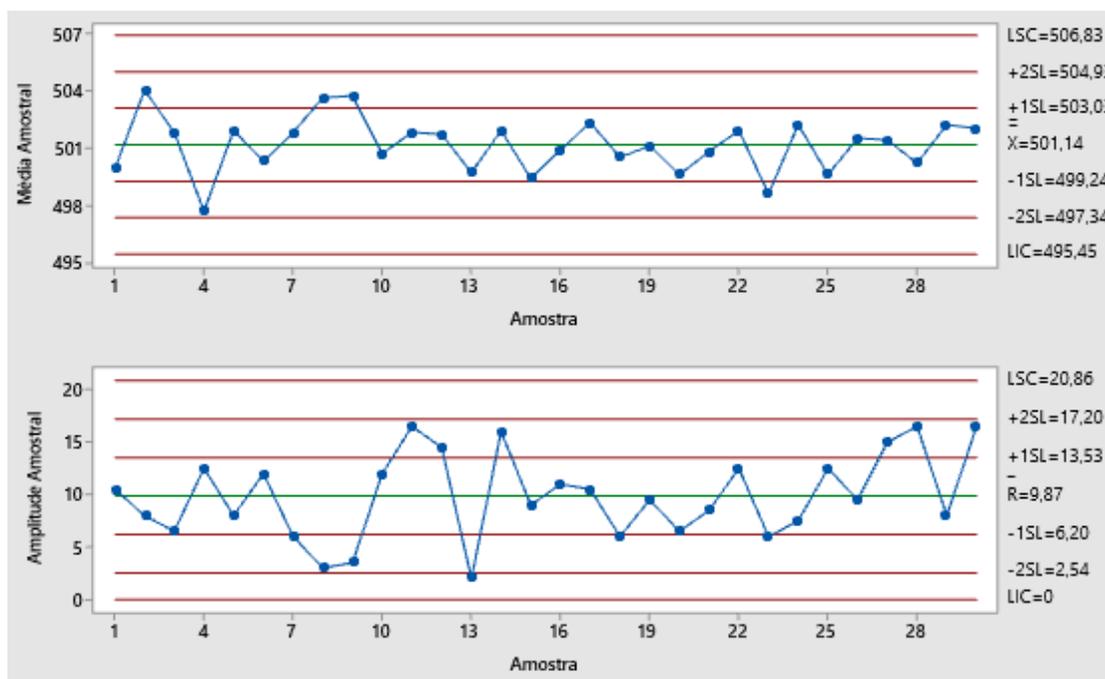
Figura 7 - Histogramas dos dados, antes e depois



Fonte: Autores (2021)

O teste de normalidade *Anderson-Darling* foi repetido com os novos dados com Valor-p > 0,05 (Valor-P = 0,106), atestando que os valores seguem uma distribuição normal. Para verificar se o processo atual encontrava-se sob controle ou não, foram utilizados os gráficos de controle de X-R, Figura 8.

Figura 8 - Gráficos X-R após as melhorias



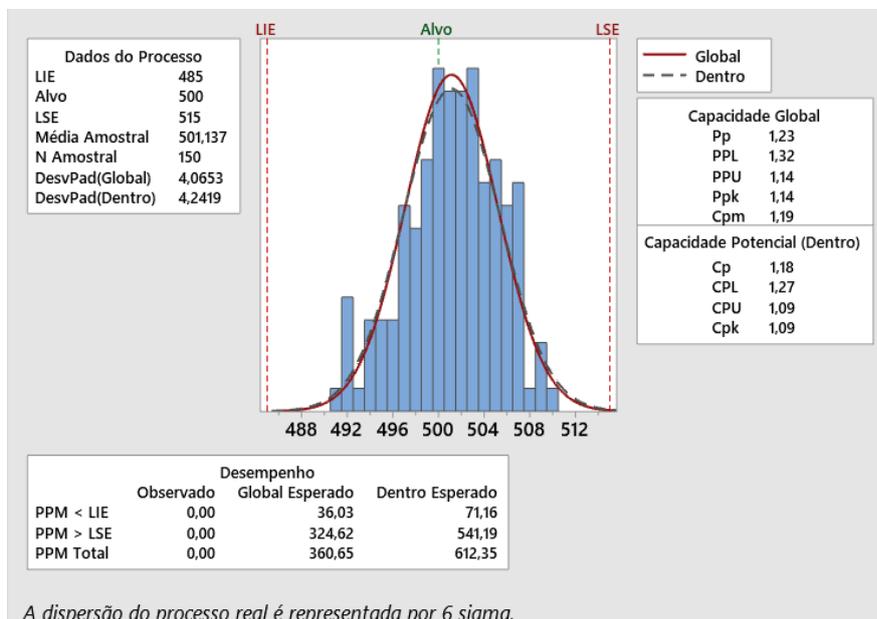
Fonte: Autores (2021)

No gráfico de X existem 25 pontos dentro do intervalo de um desvio-padrão, o que representa aproximadamente 83% dos pontos do gráfico. Enquanto, no gráfico R são 21 pontos, o que é equivalente a 70% dos pontos. Para o intervalo de dois desvios-padrão, todos os pontos estão dentro dessa faixa de valores no gráfico de X e 29 pontos no gráfico de R. Portanto, como não há nenhum ponto fora dos limites de controle, não há comportamento cíclico na sequência temporal dos dados e nenhum teste apresentou anomalia, assim, o processo deve ser considerado sob controle estatístico.

5.4 Análise da capacidade do processo

Após o processo estar sob controle estatístico, a próxima etapa consiste em determinar se ele é capaz de produzir, respeitando os limites de especificação encontrados no projeto do produto, que são: LIE = 485g e LSE = 515g, um range (amplitude) de 30g. Para isso, um exame de capacidade foi elaborado utilizando o *software* Minitab 19, como mostrado na Figura 9. Dado que o processo não está centrado no alvo, o índice que deve ser utilizado para esse tipo de análise é o Cpk, segundo Montgomery e Runger (2003).

Figura 9 – Exame de Capacidade da empacotadeira 1



Fonte: Autores (2021)

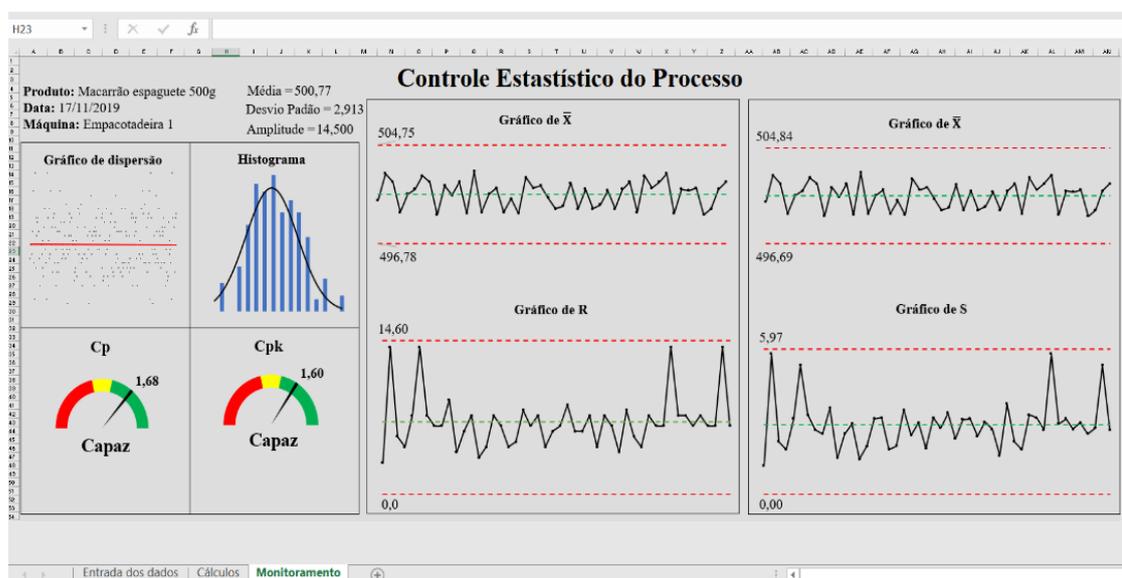
O valor encontrado para o índice *Cpk* foi de 1,09 (Aceitável). O que de acordo com Costa, Epprecht & Carpinetti (2013), demonstra que o processo é “relativamente confiável, os

operadores do processo exercem controle sobre as operações, mas o controle da qualidade monitora e fornece informações para evitar a deterioração do processo”.

5.5 Padronização da rotina

Para um monitoramento padronizado do característico da qualidade foi instalada uma balança ao lado do computador da linha, para que o operador da empacotadeira retire a cada meia hora 5 amostras, pese e digite os respectivos valores em uma planilha, desenvolvida no *software* Microsoft Excel, onde o supervisor da linha observa os gráficos de controle gerados automaticamente a partir dos dados coletados. A Figura 10 apresenta o *dashboard* criado na terceira aba da planilha.

Figura 10: Terceira aba da planilha (Monitoramento)



Fonte: Autores (2021)

Caso haja alguma perturbação no processo que o deixe fora de controle, a etapa de análise das causas deverá ser revisitada.

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 de 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 ferramentas já mencionadas, pôde-se detectar que o processo estava fora de controle e as causas especiais que o afetavam foram localizadas. A partir disso, como produto desse trabalho, desenvolveu-se um plano de ações corretivas 5W2H, o qual forneceu detalhes sobre as ações realizadas para prevenir a recorrência de não conformidade ou falha, com o intuito de eliminar essas causas especiais, reduzindo assim o volume de produtos não conformes e deixando o processo sob controle estatístico.

Este trabalho possibilitou aos gestores melhorarem o processo produtivo, utilizando as ferramentas da qualidade foi possível detectar e criar ações corretivas para as principais anomalias que afetavam o processo. Outro ponto importante, foi a criação de uma rotina para o monitoramento do processo, permitindo aos gestores identificarem e atacarem as anomalias de forma mais rápida. Para isso, foi desenvolvido um dashboard no Microsoft Excel, uma ferramenta de fácil uso e de zero custo para empresa. 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.

Portanto, as principais contribuições científicas deste artigo visam fortalecer o estudo científico do controle estatístico de processo relacionado com planos de ações corretivas e rotinas de trabalho, através da aplicação de um estudo de caso em uma empresa do setor alimentício. Propõe-se para trabalhos futuros a análise de outros característicos da qualidade das massas, assim como a possibilidade de utilização dos gráficos de controle por atributo.

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.

REFERENCIAS

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

FU, Xiang; WANG, Ran-feng; DONG, Zhi-yong. Application of a Shewhart control chart to monitor clean ash during coal preparation. **International Journal of Mineral Processing**, v. 158, p. 45-54, 2017.

HABER, Jabra; MEGLIORINI, Evandir; OLIVEIRA, Michele Carvalho. Controle estatístico de processo: estudo de caso em uma indústria de alimentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, p. 3911-3925, 2018.

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

MIRANDA, Ana Cláudia Leite et al. O controle estatístico de processos no monitoramento da fabricação em uma empresa no ramo colchoeiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 29165-29185, 2019.

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

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.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

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.

Recebido em: novembro de 2021.

Aceito em: junho de 2022.

Apêndice A: Plano de ação 5W2H

5W					2H	
O quê?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?
Acompanhamento dos indicadores de dosagem de farinha e água.	Alterações desses parâmetros podem ocasionar problemas na umidade da massa.	Software da linha	Operador da masseira	A cada 10 min	Verificar no <i>software</i> os valores para dosagem de farinha e de água, caso estejam fora do padrão, realizar ajuste dos parâmetros.	R\$0,00
Monitorar a quantidade de farinha enviada aos silos.	A falta de farinha pode alterar a umidade da massa e/ou gerar paradas de linha.	Moega	Operador da moega	A cada 15 min	Adicionar à moega um <i>bag</i> , a cada 15 minutos, gerando ao final do turno, um total de 28 <i>bag's</i> adicionados.	R\$0,00
Monitorar a quantidade de pó moído a ser misturado com a farinha.	O excesso de pó moído pode criar obstrução no silo, causando um bloqueio na alimentação de farinha.	Moedor	Operador do moedor	A cada 15 min	Moer em média 75 kg de refugo (o que equivale a 3 sacos de refugo), a cada 15 minutos, gerando ao final do turno, um total de 84 sacos moídos.	R\$0,00
Verificação do ponto da massa	Caso não seja monitorado o ponto da massa, ela poderá sair da masseira com umidade elevada ou umidade baixa. Podendo ocasionar bloqueios por massa seca na rosca, massa queimada ou úmida ao final do processo.	Masseira	Operador da masseira	A cada 15 min	Verificar no software da linha, a pressão na extrusão e ajustar dosagem de água de acordo com ela. Coletar uma amostra da masseira e verificar manualmente o ponto da massa, logo após, verificar através do equipamento <i>Kett</i> a umidade e comparar com o estabelecido no padrão técnico do processo.	R\$0,00
Monitorar o comportamento da curva de secagem da massa.	O não monitoramento pode ocasionar defeitos na qualidade da massa, devido à secagem fora dos padrões estabelecidos.	<i>Incartamento</i> , Apêndice, GPL 5° pisos e serra	Encarregado da linha	A cada hora	Coletar uma amostra em cada ponto de coleta (<i>incartamento</i> , 5° piso, apêndice e serra), aferir a umidade com o auxílio do equipamento <i>Kett</i> , conferir temperatura através dos termômetros presentes. Caso a temperatura esteja fora do padrão, fechar ou abrir válvula de água quente para regulá-la. Para controlar a umidade relativa do ar, abrir ou fechar <i>dumpers</i> .	R\$0,00
Monitorar a umidade do ar e alterar parâmetros de secagem.	A umidade do ar pode interferir na secagem da massa, devido à troca de calor que há com o ambiente externo. Foi percebido que quando a umidade do ar está alta, há uma maior incidência de massa com umidade alta, quando o clima está seco, há uma maior incidência de massa seca.	Software da linha	Supervisor da produção	Diariamente	Ajustar os parâmetros de secagem, levando em consideração a umidade do ar.	R\$0,00
Instalação de um <i>Chiller</i> no resfriador.	A instalação do <i>Chiller</i> reduzirá a incidência de massa quebrada ao final	Resfriador	Manutenção	Imediatamente	Instalar <i>chiller</i> no resfriador.	R\$25.000,00

	do processo.					
Ministrar treinamentos com os colaboradores novos e revisar treinamentos vencidos.	Evitar falha na operação por não saber como proceder.	Auditório	Supervisor da produção	Todo semestre	O supervisor da produção deverá treinar os colaboradores de acordo com as suas atribuições, utilizando os padrões operacionais do processo como base para o treinamento.	R\$0,00
Verificar se os formulários preenchidos pelos operadores estão, de fato, de acordo com a realidade.	Para não utilizar indicadores errados nas análises.	Linha	Encarregado da linha	Diariamente	Revisar todos os formulários que são preenchidos pelos operadores, com o objetivo de eliminar as informações equivocadas.	R\$0,00
Verificação do funcionamento de todos os sensores presentes na linha.	A falha nos sensores pode causar uma indicação de parâmetros errados no software e também pode ocasionar mau funcionamento nos equipamentos.	Linha	Manutenção	A cada 45 dias	Realizar o ajuste o troca dos sensores danificados.	R\$2.000,00
Manutenção preventiva das balanças das empacotadeiras.	Caso não seja feita a preventiva, um desajuste na calibragem das balanças pode ser gerado, o que exigirá uma manutenção corretiva, parando a produção para o seu ajuste.	Empacotadeira	Manutenção	A cada 45 dias	Realizar a manutenção preventiva das balanças das empacotadeiras, no prazo estabelecido pelo departamento de manutenção, a cada 45 dias.	R\$0,00
Trocar exaustores e ventiladores que estiverem inutilizáveis.	Os ventiladores e exaustores controlam a umidade interna do ar, caso não operem corretamente, poderão afetar a qualidade da massa.	Secagem	Manutenção	A cada 45 dias	Nas paradas de linha para manutenção preventiva, verificar o funcionamento dos exaustores e ventiladores, efetuando a troca ou o reparo dos que estiverem sem funcionar.	R\$1.500,00
Efetuar troca de tubulações e radiadores obstruídos	Podem causar deficiência de secagem na GPL, devido à carga térmica baixa, elevando o risco de massa úmida e mofada.	GPL	Manutenção	A cada 45 dias	Nas paradas de linha para manutenção preventiva, substituir ou reparar os que não estão aptos para o uso.	R\$500,00
Ajustar os parâmetros utilizados no <i>software</i> da empacotadeira	Parâmetros errados podem ocasionar um aumento na variabilidade do peso dos pacotes de macarrão.	Empacotadeiras	Operador da empacotadeira/ Supervisor da produção	Mensalmente	Ajustar os parâmetros dos <i>softwares</i> das empacotadeiras. Alterar valores e verificar a oscilação do peso, ajustar até essa oscilação ser a mínima possível. Anotar os valores dos parâmetros e utilizá-los como base.	R\$0,00

Fonte: Autores (2021)