

Análise da capacidade do processo de fabricação de biscoitos recheados: um estudo de caso baseado no indicador C_{pk}

Edward Seabra Júnior (UTFPR-Câmpus Medianeira) seabrae.edward@gmail.com
Jefferson Luiz Sudbrack Junior (UTFPR-Câmpus Medianeira) junior_sudbrack@hotmail.com
Daniel Marcos Dal Pozzo (UTFPR-Câmpus Medianeira) danielpozzo@utfpr.edu.br
Carla Adriana Pizarro Schmidt (UTFPR-Câmpus Medianeira) cs910@yahoo.com.br
José Airton Azevedo Dos Santos (UTFPR-Câmpus Medianeira) airton@utfpr.edu.br

Resumo:

Atualmente as empresas, em um mercado altamente competitivo, tem como meta produzir produtos com alta qualidade a um custo competitivo. Para atingir esta meta as empresas estão cada vez mais aplicando métodos e ferramentas da qualidade. Neste contexto, este trabalho tem o objetivo empregar ferramentas de controle estatístico de processos (CEP), tais como gráficos de controle e índice de capacidade de processo, na análise de um processo de fabricação de biscoitos recheados em uma indústria de alimentos. Em resposta a aplicação do método verificou-se que o processo de produção de biscoitos recheados está sob controle estatístico, isto é, não apresenta causas especiais e os dados coletados se mostraram dentro da normalidade. Levando em consideração somente o peso mínimo exigido pela legislação vigente, concluiu-se que o processo é capaz, produzindo embalagens com peso superior ao exigido por lei.

Palavras chave: Controle Estatístico de Processos, Capacidade do Processo, Qualidade.

Analysis of the capacity of the manufacture process of cooked biscuits: a case study based on the C_{pk} indicator

Abstract:

Currently, companies in a highly competitive market aim to produce with high quality at a competitive cost. In order to reach this goal, companies are increasingly applying methods and tools of quality. In this context, this work has the objective of using statistical process control (SPC) tools, such as control charts and process capacity index, in the analysis of a manufacturing process of biscuits stuffed in a food industry. In response to the application of the method, it was verified that the manufacturing process of filled biscuits is under statistical control, that is, it does not present special causes and the collected data were shown within the normality. Taking into account only the minimum weight required by current legislation, it was concluded that the process is capable, producing packages with a weight higher than required by law.

Key-words: Statistical Process Control, Process Capacity, Quality.

1. Introdução

O cenário atual do comércio faz com que as organizações atuem em constante movimento, tendo que se adaptar rapidamente a todas as mudanças do mercado. As mudanças aceleradas, a globalização dos mercados e o alto grau de conhecimento do consumidor tornaram as partes interessadas cada vez mais influentes (ABNT, 2015).

Nota-se que as organizações estão constantemente buscando a satisfação do cliente. Obter qualidade no serviço prestado não é mais um diferencial, mas sim uma garantia de sobrevivência no mercado (OLIVEIRA, 2004).

Para um produto atender ou exceder as expectativas dos clientes, geralmente ele deve ser produzido por um processo que é estável ou repetível. O processo deve ser capaz de funcionar com pouca variabilidade em torno do alvo ou dimensões nominais de características de qualidade do produto.

Segundo Montgomery (2001) o controle estatístico de processo (CEP) é uma ferramenta que traz junto consigo uma série de outras ferramentas da qualidade como: o fluxograma para o mapeamento e entendimento do processo, histograma, diagrama de causa e efeito, gráfico de Pareto que auxilia na identificação de fontes de causas especiais e os gráficos de controle que permitem a visibilidade de pontos fora do padrão desejado.

“Os gráficos de controle também podem ser utilizados para estimar os parâmetros de um processo de produção e, com esta informação, determinar a capacidade do processo. O gráfico de controle também pode fornecer informações úteis para melhorar o processo. Finalmente, vale lembrar que o objetivo final do controle estatístico do processo é a eliminação de variabilidade no processo” (MONTGOMERY, 2001).

A implantação adequada do CEP ajuda a criar um ambiente no qual todos os indivíduos em uma organização buscam a produtividade e a melhoria contínua da qualidade.

Um processo estável, com previsibilidade, pode produzir itens defeituosos. Portanto, é de suma importância avaliar se o processo atende as especificações estabelecidas pela legislação. É justamente esta avaliação que foi realizada no processo de produção, de biscoitos recheados, de uma indústria alimentícia.

Dentro deste contexto, este trabalho tem por objetivo empregar ferramentas de controle estatístico de processos, tais como gráficos de controle e índice de capacidade de processo, na análise de um processo de fabricação de biscoitos em uma indústria de alimentos localizada no estado do Paraná.

2. Metodologia

2.1 A empresa

A linha de produção estudada encontra-se em uma indústria do setor de alimentos localizada no estado do Paraná. A indústria possui uma área industrial de 24.000 m² e conta com mais de 750 funcionários. A empresa produz diversos tipos de produtos, dentre eles pode-se citar: os biscoitos laminados, roscas, biscoitos recheados (objeto deste estudo), entre outros.

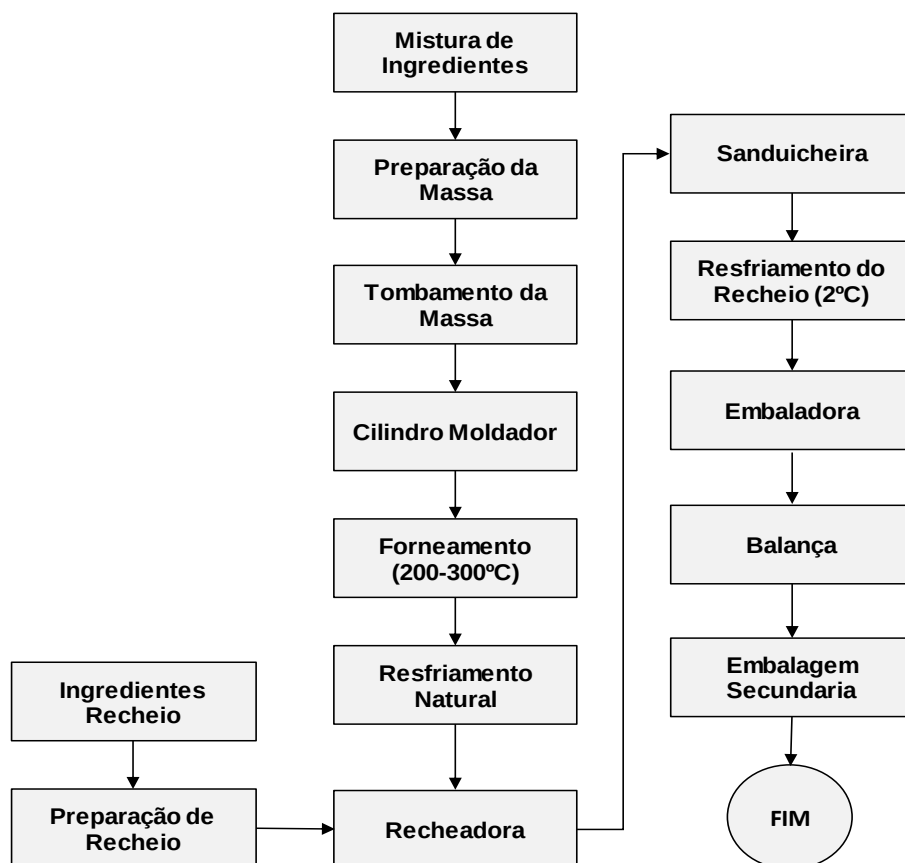
2.2 Descrição do processo

O processo de fabricação dos biscoitos recheados inicia-se com a etapa de preparação da massa. Nesta etapa, a farinha, o amido, a gordura, o açúcar e os aromas são misturados.

Depois da etapa de preparação, a massa é levada, por meio de uma esteira, até um cilindro moldador. Este equipamento da forma ao biscoito. Em seguida, os biscoitos são levados ao forno por meio de outra esteira. No forno os biscoitos passam por um processo de cozimento durante 6 minutos a uma temperatura que varia entre 200 °C e 300 °C.

Após a passagem pelo forno, os biscoitos passam por um resfriamento natural (troca de calor com o ambiente) até chegar as calhas separadoras, onde são posicionados para receber o recheio. O recheio é colocado de forma automática nos biscoitos através de uma máquina recheadora. Estes, depois de recheados, passam por um processo de resfriamento forçado à uma temperatura de 2 °C.

Na fase final de fabricação, os biscoitos são embalados em uma máquina embaladora. Na sequência, as embalagens são pesadas para a conferência do peso. Por fim, as embalagens são encaixotadas (embalagem secundária) e paletizadas. Na Figura 1 apresenta-se o fluxograma do processo de fabricação.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Figura 1 - Fluxograma do processo de fabricação do biscoito recheado.

2.3 Gráficos de controle

Os gráficos de controle são analisados aos pares. O par mais comum de gráficos de controle são os gráficos $\bar{X}$ e R , onde $\bar{X}$ é a média de valores em pequenos subgrupos e R é a amplitude dentro de cada subgrupo. Gráficos $\bar{X}$ e R são desenvolvidos a partir de medições de uma característica particular do processo de produção.

Segundo Rosario *et al.* (2015), os limites de controle para a média são calculados através das equações:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (1)$$

$$LC = \bar{\bar{X}} \quad (2)$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (3)$$

E os limites de controle para o gráfico da amplitude são dados por:

$$LSC = D_4 \bar{R} \quad (4)$$

$$LC = \bar{R} \quad (5)$$

$$LIC = D_3 \bar{R} \quad (6)$$

Onde:

LSC – Limite Superior de Controle;

LC – Limite Central;

LIC – Limite Inferior de Controle;

A_2 , D_3 e D_4 – Valores tabelados.

Segundo Montgomery (2001), um processo está fora de controle se tiver (Tabela 1):

Tabela 1: Processo fora de controle.

Item	Causas Especiais
a	1 ou mais pontos acima do LSC ou abaixo do LIC;
b	9 pontos consecutivos na zona C ou no mesmo lado do LC (Figura 10);
c	6 pontos consecutivos, todos aumentando ou todos diminuindo;
d	14 pontos consecutivos alternando para cima e para baixo;
e	2 de 3 pontos consecutivos na zona A ou além dela;
f	4 de 5 pontos consecutivos na zona B ou além dela;
g	15 pontos consecutivos na zona C (tanto acima quanto abaixo do LC);
h	8 pontos consecutivos na zona B.

Fonte: Montgomery (2001).

2.4 Índice de capacidade de processo

Uma maneira de analisar um processo estável é através do cálculo do índice de capacidade do processo. Quanto maior o valor do índice, melhor o processo consegue atender as especificações. O índice C_{pk} , utilizado neste trabalho, é calculado através da Equação 7;

aplicando as equações para C_{PL} e C_{PU} , o valor considerado para o C_{pk} é o menor dentre os resultados das 2 formulas: $C_{pk} = MIN(C_{PL}, C_{PU})$.

$$C_{PL} = \frac{(\mu - LTI)}{3\sigma}, \quad C_{PU} = \frac{(LTS - \mu)}{3\sigma}, \quad C_{pk} = MIN(C_{PL}, C_{PU}) \quad (7)$$

Onde: LTS: Limite de tolerância superior; LTI: Limite de tolerância inferior; μ : Média do processo e σ : Desvio padrão estimado.

Uma regra usual para a análise do índice de capacidade do processo é descrita na Tabela 2:

Tabela 2: Índice de capacidade do processo

$C_{pk} < 1$	capacidade do processo é inadequada à especificação exigida (processo incapaz).
$1 \leq C_{pk} \leq 1,33$	capacidade do processo está dentro da especificação exigida (processo aceitável).
$C_{pk} > 1,33$	capacidade do processo é adequada à especificação exigida (processo capaz).

Fonte: Montgomery (2001).

2.5 Máquina de pesagem

A coleta de dados é uma das etapas mais importantes da pesquisa, pois envolve diversos passos como: a escolha do equipamento de medição; a programação da coleta e o tipo de dado a ser coletado (Montgomery, 2001). Os dados, pesos das embalagens de 110g de biscoitos recheados, foram coletados por meio de uma máquina de pesagem (Figura 5).



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 2: Máquina de Pesagem.

3. Resultados e discussão

3.1 Coleta de dados

Segundo Oliveira *et al.* (2013) para calcular os limites de controle dos gráficos $\bar{X}$ e R são necessários coletar 20 ou 25 subgrupos (amostras) com 4 ou 5 itens. Neste trabalho coletou-se 20 amostras com 4 itens (Tabela 3).

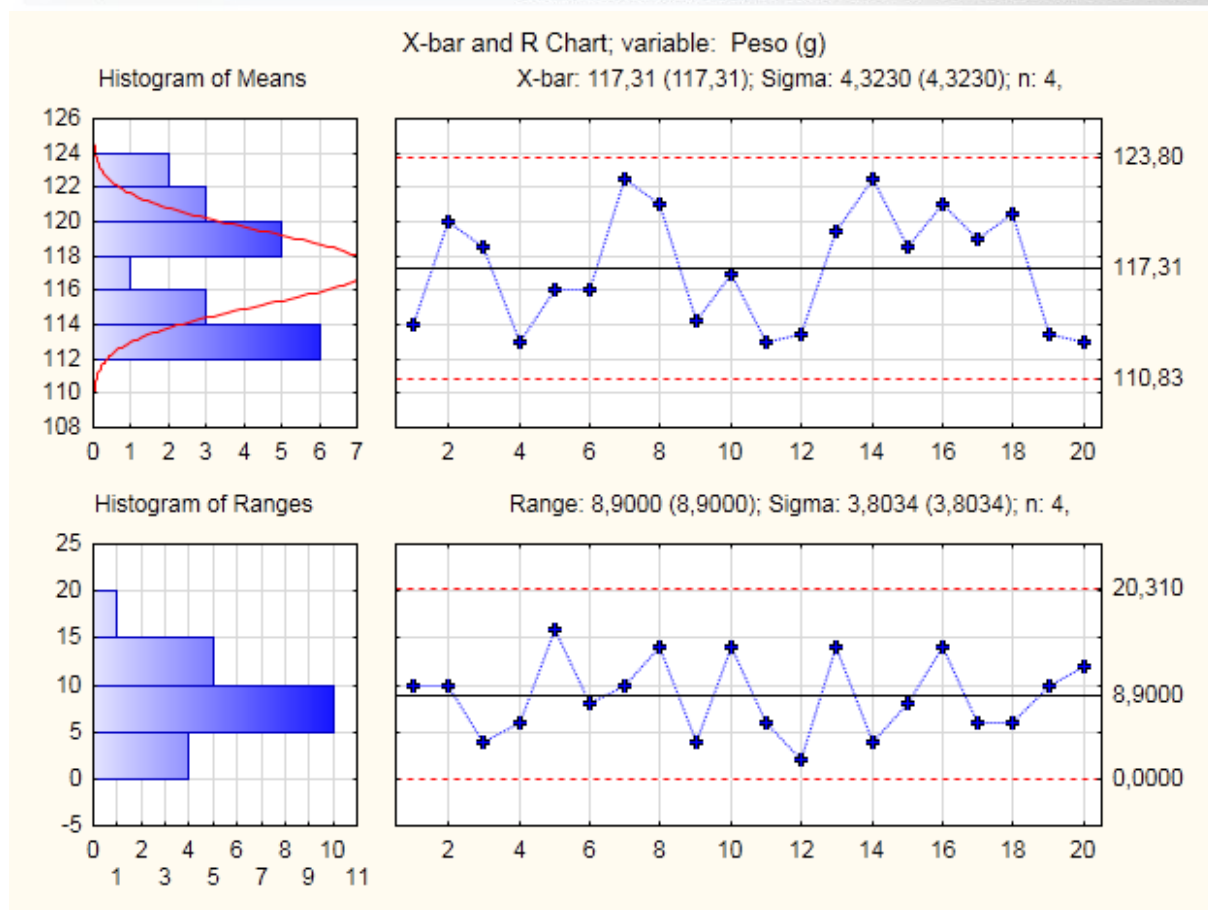
Tabela 3 - Peso das embalagens, em gramas, coletados na empresa

Número de Amostras	1	2	3	4	Média	Amplitude
	118	108	116	114	114	10
	126	120	116	118	120	10
	116	120	118	120	118,5	4
	116	112	114	110	113	6
	118	122	106	118	116	16
	116	112	116	120	116	8
	122	118	128	122	122,5	10
	122	120	128	114	121	14
	116	114	112	115	114,25	4
	126	118	112	112	117	14
	110	112	114	116	113	6
	112	114	114	114	113,5	2
	122	112	126	118	119,5	14
	124	122	120	124	122,5	4
	118	114	120	122	118,5	8
	128	120	114	122	121	14
	118	116	122	120	119	6
	118	118	124	122	120,5	6
	110	110	120	114	113,5	10
	106	112	118	118	113,5	12
					117,3375	8,9

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

3.2 Interpretação da estabilidade do processo

Inicialmente, para avaliar se o processo de fabricação de embalagens, de biscoitos recheados, estava sobre controle estatístico, isto é não apresentava causas especiais, utilizou-se os gráficos de $\bar{X}$ e R (Média e Amplitude) obtidos do software Statistica V. 11 (Figura 3).



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 3: Gráficos de controle.

No gráfico $\bar{X}$ o limite superior de controle alcançou o valor de 123,8g e o limite inferior 110,83g. Observa-se, também, que as amostras não apresentam causas especiais. Isto é, as amostras estão dentro dos limites de controle. Então, outros padrões de aleatoriedades deve se investigados (Figura 4).

Peso (g) ; Runs Tests (Lote4)	
X-bar Chart	
Center line: 117,312500 Sigma: 2,161505	
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	
Tests for special causes (runs rules)	
from sample	to sample
9 samples on same side of center	OK OK
6 samples in row in/decreasing	OK OK
14 samples alternating up & down	OK OK
2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK OK
4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK OK
15 samples in Zone C	OK OK
8 samples beyond Zone C	OK OK

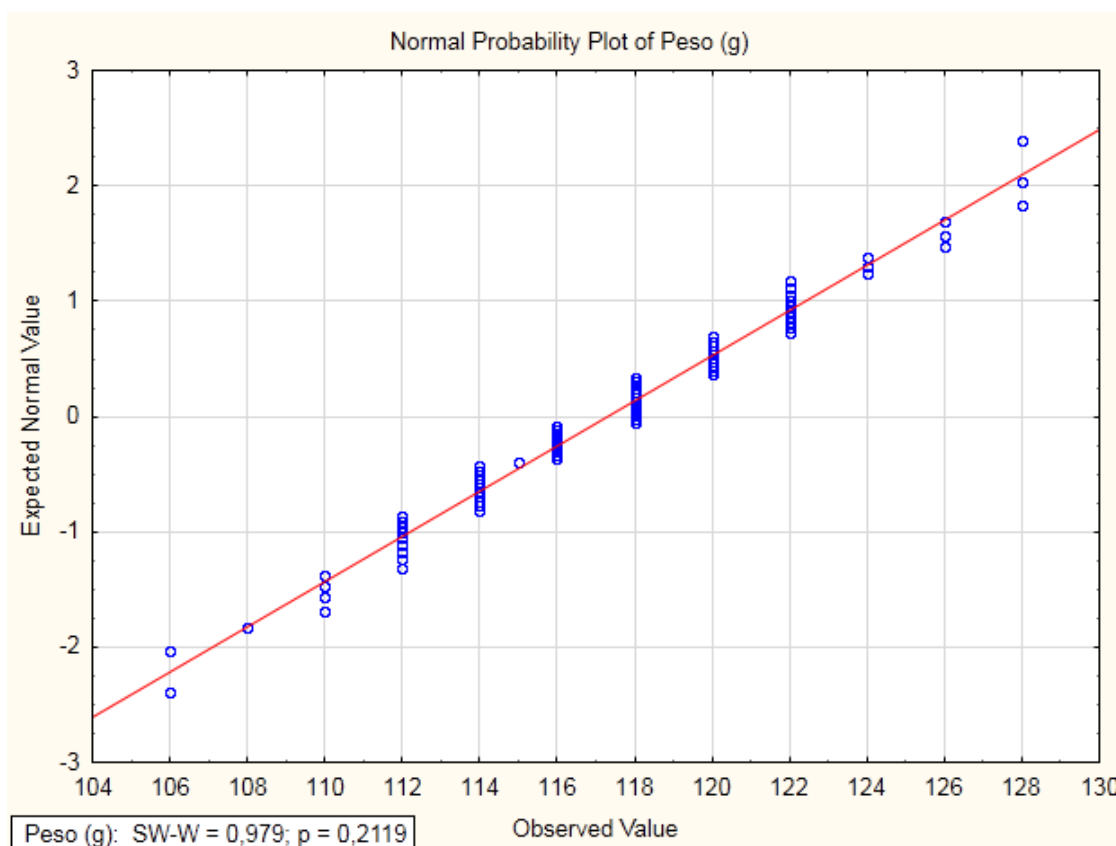
Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 4: Testes de padrões de não-aleatoriedade.

Portanto, por meio dos resultados apresentados nas Figuras 3 e 4, descartou-se a hipótese de causas especiais e concluiu-se que o processo está estável, sofrendo apenas de causa comuns.

3.3 Interpretação da capacidade do processo

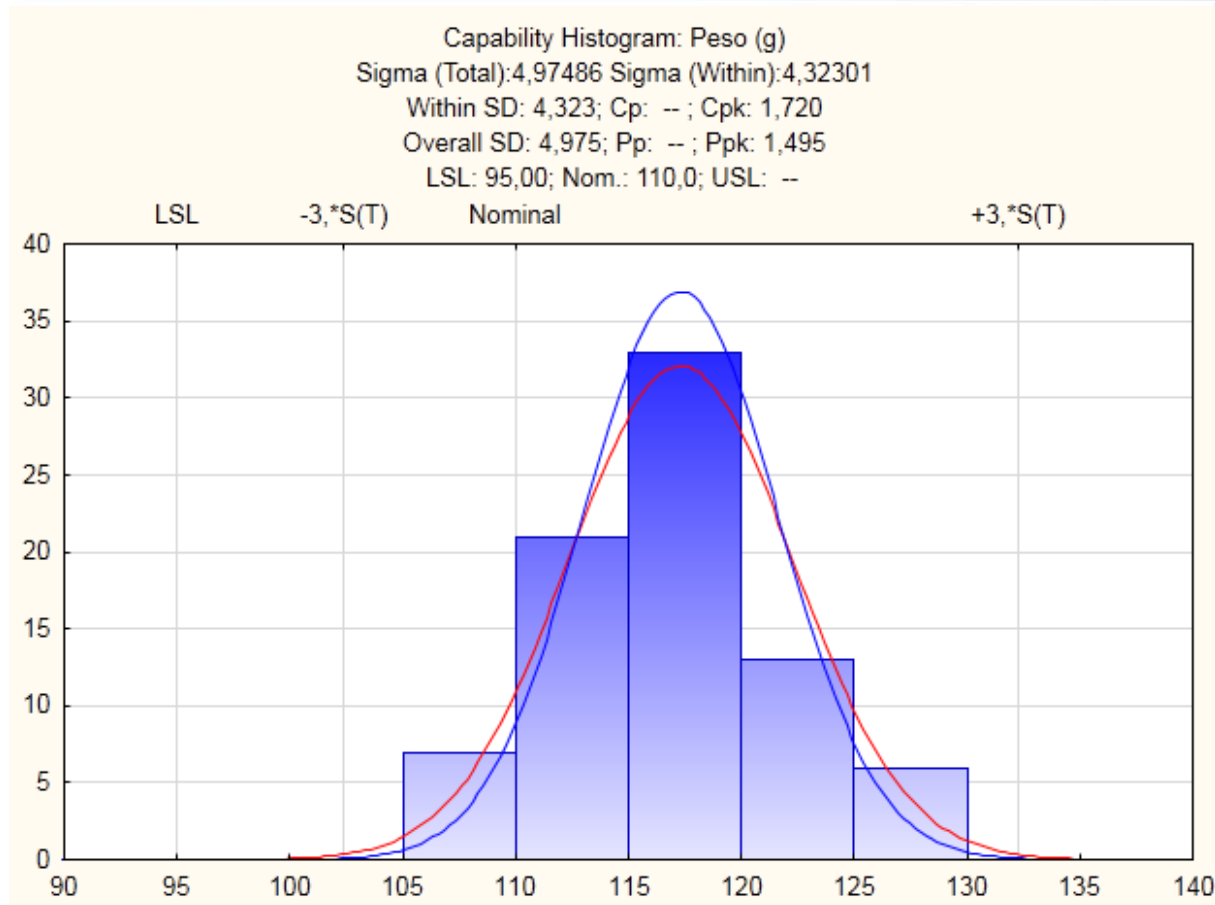
Quando trata-se do estudo de capacidade de um processo, tem que se ter cuidado especial com a normalidade dos dados. Na Figura 5 apresenta-se o gráfico de probabilidade normal. Quanto mais perto os dados estiverem da reta, mais próximos estarão de uma distribuição normal. Os dados também foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação de sua normalidade. Como o valor de “p” igual a 0,2119, portanto maior que 0.05 ($p > 0.05$), assim a distribuição dos dados foi considerada normal.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 5 - Distribuição dos dados em torno da reta que indica normalidade.

Verificada a estabilidade do processo quantificou-se sua capacidade usando o índice C_{pk} . Segundo Daminelli (2013). “a Portaria do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) n° 74 (apresentado no Anexo A) de 1995 estabelece critérios para verificação quantitativa em produtos pré-medidos comercializados em unidades de massa e volume com conteúdos nominais, que é a quantidade líquida indicada na embalagem do produto, verificados em fábricas, depósitos e pontos de vendas”. De acordo com essa portaria, os valores admissíveis para a Tolerância Individual (T) da característica da qualidade peso são de 15 gramas, ou seja, o Limite Inferior de Especificação é de 95 gramas. Portanto, para um produto de 110g o mínimo para o consumidor é de 95g. A Figura 6 apresenta o índice C_{pk} .



Fonte: Autoria própria (2017).

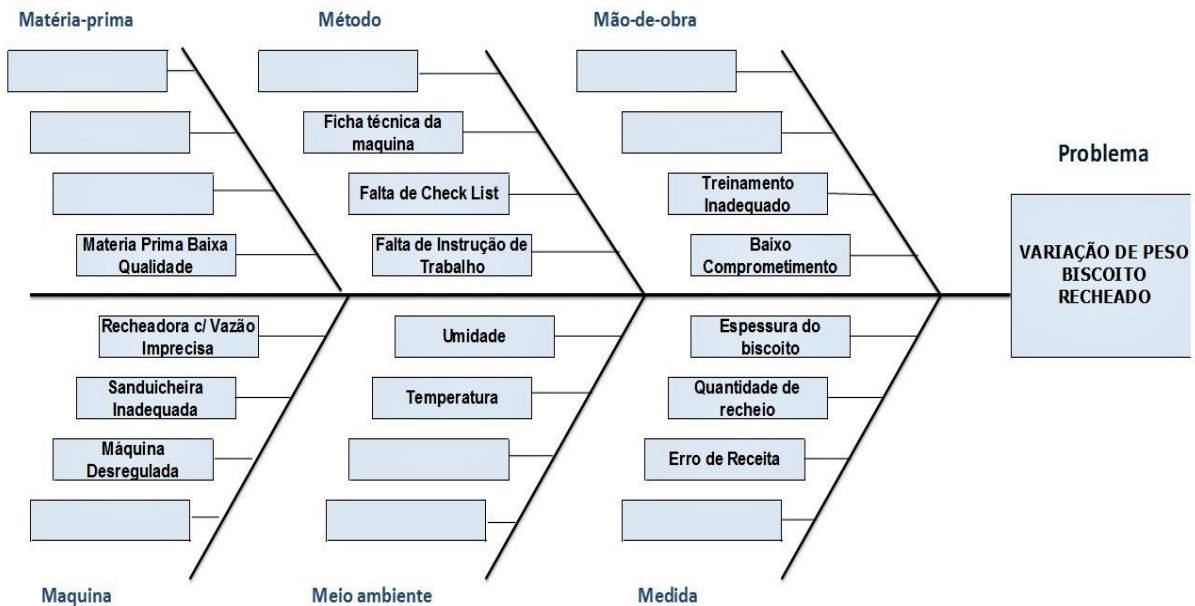
Figura 6 - Histograma e Índice de Capacidade Cpk.

Na Figura 6, é possível observar que o processo é capaz, segundo o cálculo do C_{pk} , pois seu valor calculado ficou acima de 1,33. Portanto, o processo atende as especificações observadas na portaria nº 74.

3.4 Diagrama de Ishikawa

Identificou-se que, o processo de produção de biscoitos, sobre influência de causas comuns é um processo capaz. Mas isso não impede que em um determinado momento possam acontecer causas especiais no processo de produção. Levando este fato em consideração implementou-se, em conjunto com os funcionários da empresa, o Diagrama de Ishikawa (Figura 7) para identificar possíveis fontes de causas especiais.

Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 7 - Aplicação do Diagrama de Ishikawa.

A investigação de causas da variabilidade do biscoito através da aplicação do diagrama de Ishikawa, mostrou causas especiais e causas comuns

Matéria prima: Apesar da empresa ter fornecedores de confiança, a matéria prima pode vir fora do padrão, no que se refere à farinha de trigo, a mesma pode vir com alguma alteração em algum componente e assim, alterando o peso final do produto.

Mão de Obra: No processo estudado a mão de obra ainda é totalmente necessária para a fabricação do produto. Podendo haver treinamento inadequado dos colaboradores envolvidos no processo.

Máquina: Observou-se que para acertar o peso de embalagem, foi tentado a diminuição do diâmetro do biscoito, no entanto a "sanduícheira" não consegue seccionar a casquinha do biscoito e fechá-la com a outra parte recheada. Também foi identificado que a recheadora não possui regulagem de vazão automática, tendo que ser feita a regulagem de forma manual.

Medida: Neste item, foi identificado causas possíveis como erro da receita (por falta de método), variação na quantidade de recheio (falta de regulagem) e espeçura do biscoito (discutida no item anterior).

Meio Ambiente: Quanto ao ambiente de trabalho é adequado para os funcionários, porém a umidade e a temperatura do ambiente podem ocasionar variabilidade no peso do biscoito. Por exemplo, a cada minuto que a massa é batida a mesma ganha 1°C, dependendo da expertise do operador em saber calcular o tempo de batida da massa de acordo com a temperatura.

Método: Quanto ao método, falta ficha técnica da máquina, o que pode interferir no ajuste da máquina. Também falta check list para os operadores se organizarem na elaboração das atividades. E por fim, não existe instrução de trabalho, para orientação dos funcionários do processo.

4. Considerações finais

A empresa entrega ao consumidor final produtos que atendem a legislação. Identificou-se, também, por meio do diagrama de Ishikawa possíveis fontes de causas especiais, o que ajudará a melhorar a eficácia em resolver o problema antes mesmo de possíveis falhas ocorrerem.

O CEP se mostrou uma ferramenta com baixo custo de implantação e fácil aplicação, também notou-se que a implementação desse sistema de gestão da qualidade implicou em mudanças de comportamento da empresa e melhoria da qualidade dos produtos fabricados. Contudo, o que se espera é que este estudo tenha continuidade e como sugestão para posteriores estudos é que se leve em consideração um valor nominal para o peso máximo tolerável, uma vez que o sobre peso excessivo do produto também é fonte de desperdício.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 9000: sistemas de gestão da qualidade – fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: 2015

DAMINELLI, L. M. ANÁLISE DO PESO DO BISCOITO LAMINADO: Aplicação Do Controle Estatístico Do Processo. Trabalho De Conclusão De Curso. Medianeira: UTFPR, 2013.

MONTGOMERY, D. C. Introduction to statistical quality control. 4ª Ed. New York: John Wiley, 2001.

OLIVEIRA, OTAVIO J. - Gestão da Qualidade – Tópicos Avançados. São Paulo: Cengage Learning. 2004.

OLIVEIRA, C. C.; GRANATO, D.; CARUSO, M. S. F.; SAKUMA, A. M. Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativo em laboratório de ensaios. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2013.

ROSARIO, K. P.; DANTAS, L. M.; OEIRAS, E. N. Aplicação do controle estatístico de processo no monitoramento do peso médio de polpas de frutas: um estudo de caso realizado em uma empresa de médio porte. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza: ENEGEP, 2015.