



REDUCING THE CONSUMPTION OF RAW MATERIAL FROM A PACKAGING COMPANY THROUGH THE APPLICATION OF THE DMAIC METHOD

REDUÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA PRIMA DE UMA EMPRESA DE EMBALAGENS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC

Isabella A. F. Santos^{1✉}, Cesar M. Mugnaga¹

¹FAE Centro Universitário, Curitiba, Paraná/PR, Brasil

✉ isa-abu@hotmail.com

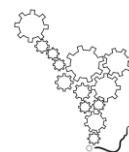
Recebido: 07 dezembro 2020 / Aceito: 08 dezembro 2020 / Publicado: 14 dezembro 2020

ABSTRACT. The present study aims the improvement of the manufacturing processes in a plastic packaging company, through the reduction of the use of raw material by applying the DMAIC method. In order to carry this study on, an active research was used for collection of data, that was actively carried on by researchers. Initially, a sampling of pots produced in the processes to be studied was carried out, and it was noticed that their medium weight was above specification, almost reaching the maximum. Through more in-depth analysis, and with the use of quality tools, the root causes of the problem were identified. A plan of action was then elaborated to fix the reasons for the problem in question. After implementing the above mentioned plan actions, it showed to be effective and presented satisfactory results, such as a possible monthly saving of R\$ 11,907 in raw material consumed.

Keywords: DMAIC. Quality tools. Productive processes. Packaging company

RESUMO. O presente estudo tem como objetivo a melhoria dos processos produtivos em uma empresa de embalagens plásticas, através da redução do consumo de matéria prima aplicando a metodologia DMAIC. Para a condução desse estudo foi realizado uma pesquisa-ação para a coleta de dados, uma vez que envolveu a participação ativa dos pesquisadores. Inicialmente, foi realizada uma amostragem de potes produzidos nos processos a serem estudados e percebeu-se que os mesmos estavam com o peso médio acima do nominal, chegando próximo ao limite máximo de tolerância para característica peso. Através de análises mais aprofundadas, e com o auxílio das ferramentas da qualidade foram identificadas as causas raízes do problema. Na sequência foi elaborado um plano de ação para tratativa das causas raízes do problema em questão. Após a implementação das ações, evidenciou-se que as mesmas foram eficazes e apresentaram resultados satisfatórios, tal como, uma possível economia de R\$ 11.907,00 mensais em matéria prima consumida.

Palavras-chave: DMAIC. Ferramentas da qualidade. Processos produtivos. Empresa de embalagem



1 INTRODUÇÃO

Para muitas organizações consolidadas no mercado, o emprego de novas estratégias está proporcionando produtos e serviços que o cliente reconhece o valor agregado ao bem e consideram como superior em qualidade, desempenho, entrega e preço (ROTONDARO, 2002).

O uso de métodos (sequência lógica para se atingir a meta desejada), técnicas estatísticas e ferramentas da qualidade (recursos a serem utilizados no método) são instrumentos imprescindíveis no processo de melhoria contínua, contribuindo na identificação, análise e eliminação do problema, a fim de prevenir sua recorrência e problemas futuros que possam impactar na qualidade e entrega do produto final ao cliente.

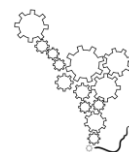
Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho é melhorar os processos de fabricação da empresa de embalagens plásticas, através de ações que visem à identificação e redução de desperdícios, e em paralelo, promover a conscientização para a qualidade no chão de fábrica e melhoria contínua dos processos.

A base de estudo será a aplicação dos conceitos da estratégia Seis Sigma através do método DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*), bem como a utilização de ferramentas da qualidade e técnicas estatísticas, a fim de assegurar que as especificações e requisitos de qualidade exigidos pelos clientes sejam atendidos.

2 MÉTODO

A pesquisa em questão possui abordagem descritiva e quantitativa que será conduzida através da pesquisa-ação em uma empresa do ramo de embalagens plástica na região metropolitana de Curitiba – PR. A abordagem quantitativa considera que tudo pode ser quantificado e exige a utilização de determinados conhecimentos estatísticos (GIL, 2008, p.24). E a abordagem descritiva pretende expor as características de uma determinada população (VERGARA, 2000, p.47).

Para Thiollent (2011), a pesquisa-ação é uma metodologia diferenciada da pesquisa científica por ser baseado na interferência do grupo participante, já na pesquisa científica o único objetivo é prover novos conhecimentos. Ainda considera que a pesquisa-ação busca



diagnosticar um problema específico em uma situação singular, com objetivo de alcançar resultados práticos.

Para atingir os objetivos previamente planejados ao final da pesquisa, esta metodologia requer uma sequência lógica de atividades. Como segue o Quadro 1 o roteiro da metodologia relaciona as etapas da pesquisa ação com o ciclo DMAIC, acompanhadas de uma lista de itens a serem verificados.

QUADRO 1: ROTEIRO METODOLÓGICO

Etapas da pesquisa-ação	Etapas do DMAIC	Roteiro do Projeto (ferramentas sugeridas)	
CONTEXTO E PROPÓSITOS	DEFINIR <i>(Define)</i>	Carta de Projeto	Descrição do problema (O que)
			Meta (Quanto)
			Plano de desenvolvimento (Quando)
		Voz do cliente	Especificações do produto
		Desenho do Processo	SIPOC <i>(Supplier, Input, Process, Output, Customer)</i>
COLETA DE DADOS	MEDIR <i>(Measure)</i>	Plano de coleta de dados	Variáveis envolvidas no problema
			Fonte de dados
		Coleta	Capacidade do processo
			Cálculo de sigma do processo
ANÁLISE DE DADOS	ANALISAR <i>(Analyse)</i>	Investigação de causas	Brainstorming
			Diagrama de causa-efeito
			Ferramenta 9-3-1
			Cinco porquês
PLANEJAMENTO DA AÇÃO	MELHORAR <i>(Improve)</i>	Plano de ação	5W1H
Gráfico de Gantt			
IMPLEMENTAÇÃO		Execução	Implementação das ações
			Piloto
AVALIAÇÃO	CONTROLAR <i>(Control)</i>	Avaliação	Capacidade do processo
			Cálculo de sigma do processo
		Padronização	Padronização
		Monitoramento	Gráficos de controle
			KPI's
		Fechamento	

FONTE: Os autores (2020)

Os dados primários desta pesquisa serão coletados através de observação participante e levantamento de dados *in loco*, enquanto que os dados secundários serão levantados com base



em outras publicações relativas ao tema. Gil (2008) ressalta que a coleta de dados através de observação participante permite notar e registrar metodicamente os fatos, eventos e comportamentos não verbais.

2.1 SITUAÇÃO ATUAL DO OBJETO DE ESTUDO

Atualmente, a empresa é considerada a maior fornecedora de embalagens flexíveis e rígidos da América Latina. A empresa investe significativamente em inovação e tecnologia, em busca de produtividade e competitividade, sempre pensando em aumentar a capacidade de investimento e consequentemente os lucros da companhia.

Os clientes da empresa em geral são considerados grandes, assim, cada pedido ou lote de produção exigem certo tempo para fabricar devido à alta demanda. Desta forma, perder um cliente causa um impacto enorme nas estratégias da empresa, levando um grande número de máquinas a mudarem seu status de “produzindo” para “máquinas sem programação” interferindo diretamente nos lucros, investimentos e na liquidez da empresa”. Por conta disso, a todo o momento está sendo desenvolvidos novos projetos para a capacitação de funcionários, redução de custos, novos produtos, entre outros.

2.2 PROCESSO SELECIONADO

Inicialmente, foi percebido pelo setor da qualidade, através de inspeções periódicas, que os potes produzidos apresentavam uma tendência da característica peso estar em média acima do valor nominal e próximos ao limite máximo de especificação.

Sendo assim, foram analisados os valores do histórico de peso dos potes fabricados pela empresa nos últimos dez meses, considerando o peso médio de cada mês. Em seguida os dados foram compilados e distribuídos no histograma.

A distribuição das médias pode ser observada na Figura 2.

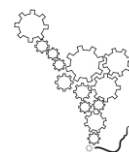
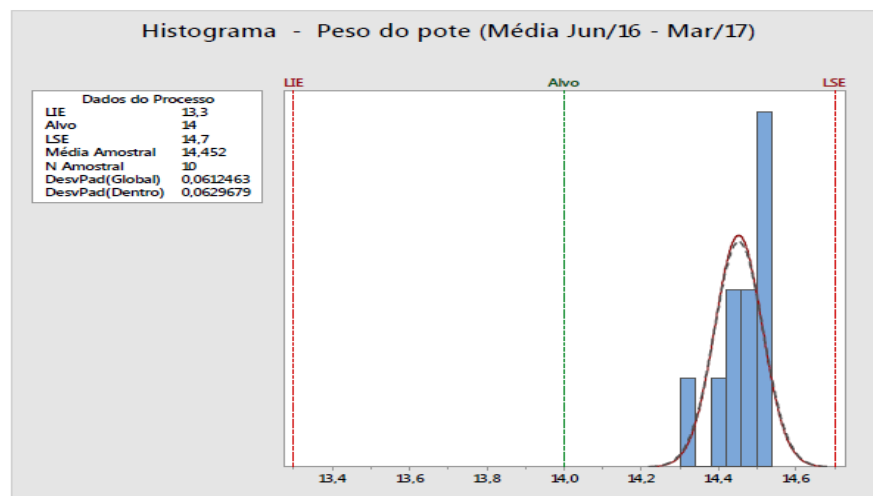


FIGURA 2: HISTOGRAMA – PESO DO POTE



FONTE: Os autores (2020)

Conforme o histograma apresentado, comprovou-se o deslocamento das médias de peso dos potes com tendência ao limite máximo. Sendo assim, foi identificada uma oportunidade em reduzir o consumo de matéria prima, através da redução do peso do pote.

A partir dessas informações, os processos escolhidos para aplicação do método DMAIC foram de extrusão da chapa e termoformagem do pote, devido ao fato de serem os responsáveis pela preparação do material e formação dos produtos, respectivamente.

O processo de extrusão consiste em alimentar o funil da extrusora com o material moído, o qual através da gravidade cairá sobre uma rosca que o transportará para dentro de um cilindro aquecido por resistências elétricas, parte desse calor é provida pelo atrito do material com as paredes do cilindro.

Passando pelo processo de calandragem, onde ocorre à transformação do material em forma de chapa, o material é passado entre dois ou mais rolos contra-rolantes, que por sua vez pressiona com o objetivo de achatá-lo.

Já o processo de termoformagem, a chapa recebida do setor de extrusão é aquecida no pré-aquecedor, e aquecedor, aumentando sua temperatura gradativamente. A chapa é aquecida acima do molde para que o contramolde (conhecido como plug) desça e faça o pré-estiramento da chapa, já dentro do molde fêmea (sem entrar em contato com as paredes da cavidade), com o objetivo de melhorar a uniformidade da espessura da chapa e deixar o material mais próximo da área de vácuo, o que completará a formação da peça no molde.



3 RESULTADOS

Neste capítulo será descrito em cada subcapítulo uma fase do DMAIC para resolução do problema do peso dos potes.

3.1 D - DEFINIÇÃO

Nesta etapa de definição do problema serão abordados os seguintes tópicos da Carta do Projeto listados abaixo:

- Carta de projeto;
- VOC (Voz do Cliente);
- SIPOC.

3.1.1 Carta de projeto

Na carta de projeto está relacionado à descrição do problema, a meta e o plano de desenvolvimento.

3.1.1.1 Descrição do Problema

Obter *saving* de matéria prima devido ao produto estar apresentando peso acima do valor nominal predefinido em projeto, no processo de termoformagem.

3.1.1.2 Meta (quanto)

Inicialmente não foi estipulado um valor para a meta, sendo que o Diretor de Planejamento de Materiais pensa que qualquer redução de consumo de matéria prima do produto em questão seria suficiente para apresentar evolução do processo.

3.1.1.3 Plano de desenvolvimento (quando)

O prazo do projeto é dia 30 de outubro de 2017.



3.1.2 Voz do cliente

A redução do peso do pote tem como propósito a redução nos custos de produção, pela redução do consumo de matéria-prima. O principal interessado no projeto é o setor de Planejamento de Materiais, que possui indicadores de redução de desperdício, logo reduzir o peso do pote seria aproveitar determinada quantidade de material, porém sem deixar de atender as especificações do produto que garantem a qualidade dos potes. Assim, a voz do cliente se reflete no atendimento das especificações dos produtos que devem ser respeitadas.

3.1.3 Desenho do Processo

Com o objetivo de facilitar a compreensão e a visualização do processo, foi utilizada a ferramenta SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*), conforme Figura 3.

FIGURA 3: SIPOC (*SUPPLIER, INPUT, PROCESS, OUTPUT, CUSTOMER*)



FONTE: Os autores (2020)

3.2 M – MEDIÇÃO

Nesta etapa de medição do processo serão abordados os seguintes tópicos listados:

- Plano de coleta de dados;
- Coleta de dados.



3.2.1 Plano de coleta de dados

O tipo de amostragem selecionada para avaliar a capacidade desse processo foi a amostragem sistêmica, para que sejam verificadas as condições e variações em todas as situações possíveis ao longo dos ciclos de produção. Então, implementou-se um sistema de coleta de dados conforme o Quadro 2 abaixo:

QUADRO 2: SISTEMA DE COLETA DE DADOS

ITEM	QUEM	ONDE	QUANDO	EQUIP.	ANÁLISE	QTDE.
Peso do pote	Operadores e inspetores	Termoformagem	Após a produção	Balança digital	C_p e C_{pk}	125 peças

FONTE: Os autores (2020)

3.2.2 Coleta de dados

Nesta etapa de coleta de dados será calculada a capacidade inicial do processo estudado.

A análise de capacidade do processo apresenta o histograma com uma curva normal estimada e suas especificações de engenharia, possibilitando a visualização da variabilidade e centralização do processo (pp e ppk , respectivamente). Com o intuito de avaliar a capacidade do processo e a diferença entre de comportamento entre as cavidades do molde, utilizou-se o software Minitab para o cálculo da capacidade.

Foram coletadas 125 amostras de cada uma das 10 cavidades da máquina e observou-se que em as médias amostrais e os desvios padrões eram semelhantes em todas as cavidades do molde. Esse comportamento elimina a possibilidade de diferença entre as cavidades e não seria um problema pontual.

A variável em questão tem uma distribuição totalmente deslocada para a direita ultrapassando o limite superior de engenharia. O efeito disso não é percebido pelos clientes, porém impacta em maiores custos de produção, devido ao consumo de matéria-prima.

Além disso, evidenciou-se também valores de índice e C_{pk} semelhantes e baixíssimos em todas as cavidades, caracterizando o processo como incapaz, apesar de apresentarem valores de índice C_p próximos de 1. A Tabela 1 apresenta os resultados de c_p e c_{pk} das 10 cavidades da máquina.



TABELA 1: VALORES DE CP E CPK DAS CAVIDADES DA MÁQUINA

Cavidade	C _p	C _{pk}
1	0,80	0,24
2	0,88	0,18
3	0,99	0,16
4	0,92	0,11
5	0,83	0,18
6	0,92	0,28
7	1,01	0,28
8	1,03	0,25
9	0,93	0,32
10	0,97	0,37

FONTE: Os autores (2020)

3.3 A – ANALISAR

Estabelecer as causas raízes do problema é o principal propósito da etapa “Analisar” do método DMAIC. Nela estão descritas a investigação e análise das causas raízes do problema.

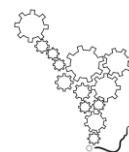
3.3.1 Investigação das causas

Inicialmente é preciso realizar uma triagem dos problemas potenciais e suas consequências, que estarão sendo investigados. Antes de tudo, serão desprezadas as análises quantitativas para voltar às atenções para informações qualitativas. Para tal, serão utilizadas as ferramentas abaixo:

- *Brainstorming*;
- Diagrama de causa-efeito;
- Ferramenta 9 – 3 – 1;
- Cinco porquês.

3.3.1.1 *Brainstorming*

Participaram do *brainstorming* dois engenheiros de processo, um operador da termoformagem, um técnico da extrusão, um inspetor da qualidade e a estagiária do setor de Melhoria Contínua. Durante a reunião foram levantados diversos tipos de potenciais problemas que poderiam ser a causa de os potes estarem com o peso acima do nominal. Assim, em três



setores produtivos foram comentadas algumas situações, dentre elas destacam-se as seguintes relacionadas no Quadro 3.

QUADRO 3: POSSÍVEIS CAUSAS LEVANTADAS NO PROCESSO DE *BRAINSTORMING*

Setor	Situação
Preparação de matéria-prima	Quantidade de polímeros acima do especificado, ocasionando maior concentração de material em alguns pontos da chapa, aumentando a espessura da chapa, por consequência, também aumente o peso do pote.
Termoformagem	Largura da chapa superior à especificação.
	Variação de temperatura das resistências pode fazer com que a temperatura de aquecimento abaixo do especificado provoque menor dilatação da chapa.
	Abertura da régua menor do que o padrão pode causar menor estiramento da chapa, gerando menor dilatação da chapa no aquecimento e concentrando mais material.
	Falta de polimento do plug, que pode gerar acúmulo de resíduos no mesmo, transferindo material acima do especificado para a cavidade.
	Deficiência na refrigeração do molde, que impacta a temperatura final acima do especificado na formação do pote, gerando menor dilatação do material.
	Plug descentralizado, levando maior quantidade de material para o pote.
Extrusão	Cavidades do molde descentralizadas, provocando acionamento do plug fora do centro da cavidade, por sua vez, comprometendo a uniformidade na transferência de material para a cavidade.
	Espessura de chapa acima do especificado ou próxima ao limite máximo, formando potes com paredes de mais espessas.
	Calandra ovalizada, provocando ondulações em determinados pontos da chapa, comprometendo a uniformidade na dilatação da chapa e na transferência de material para a cavidade.

FONTE: Os autores (2020)

3.3.1.2 Diagrama de causa-efeito

Após a coleta destas informações, visualizá-la em um diagrama de causa-efeito (conhecido também como diagrama de Ishikawa) é recomendável para estudar as possíveis fontes do problema (SLACK et al., 2009).

Muitas das informações obtidas em um brainstorming são colocadas a esmo, sem saber ao certo o que é causa e o que é consequência. O Diagrama Causa-Efeito nos ajuda nesta etapa. Na Figura 4 abaixo, as possíveis causas foram divididas através do diagrama de Ishikawa.

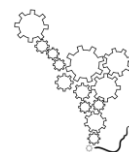
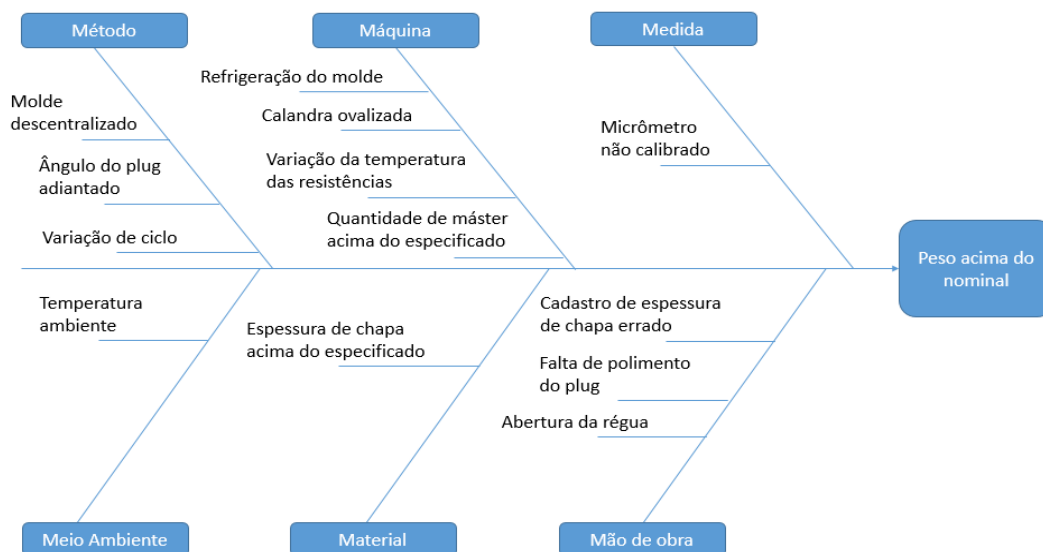


FIGURA 4: DIAGRAMA DE CAUSA-EFEITO



FONTE: Os autores (2020)

3.3.1.3 Ferramentas 9-3-1

Em seguida, através da aplicação da ferramenta da qualidade utilizada pela empresa, 9-3-1, que classifica as possíveis causas por nível de criticidade. Cada membro participante, atribui valor 1 para aquelas julgadas como pouco ou nenhuma importância, valor 3 para as causas intermediárias, e por fim valor 9 para as causas consideradas de importância para a ocorrência da anomalia, equivalendo a (50%, 30% e 20% do total de anomalias listadas).

Ao final da atividade, comparam-se as somas das notas atribuídas a cada uma das causas potenciais, aquelas com o maior valor das somas são consideradas as possíveis causas e irão passar por uma análise mais detalhada para comprovação da causa.

Sendo assim, foram identificadas como as três principais causas potenciais do problema, sendo elas: Espessura de chapa acima do especificado, quantidade de polímeros acima do especificado, e ajuste do ângulo do plug (adiantado).

3.3.1.4 Cinco porquês

A partir da identificação das três possíveis causas através da ferramenta 9-3-1, foi utilizada a ferramenta da qualidade Cinco porquês, com o intuito de comprovar as causas raízes do problema.



Ferramenta esta que consiste em questionar repetidas vezes o porquê do problema, até que não se exista mais a possibilidade de questionamento, sendo assim, desvendada a causa raiz.

As causas raízes encontradas com aplicação da ferramenta para os três problemas identificados foram:

- Causa raiz do problema de espessura de chapa acima do especificado: não há disponibilidade de equipamento em máquina para realizar medição de espessura em toda chapa;
- Causas raízes do problema da não uniformidade de distribuição de polímeros na mistura da formulação de chapa: A tubulação de metal principal da máquina foi interrompida e substituída por uma emenda com tubulação de borracha, junto com a outra bomba de vácuo; não existe plano de inspeção para a borracha de vedação; falta de limpeza do sistema de vácuo (Bomba, pistão, filtro);
- Causas raízes do problema do ângulo de regulagem do plug (adiantado): Não existe cronograma preventivo de afiação das facas, do molde e das camisas de corte; *checklists* e procedimentos mal elaborados; frequência de abastecimento de graxa não está sendo suficiente.

3.4 I – MELHORIA

Com a identificação das causas raízes do problema, utilizando os 5 porquês, foi possível a elaboração de um plano de ação através da ferramenta da qualidade 5W1H para realização das tratativas adequadas para cada uma das causas.

A informação referente aos custos de implantação de cada ação não será disponibilizada, devido ao fato de ser uma informação considerada confidencial para a empresa, sendo assim, o item “*How Much*” não se aplica, então a ferramenta utilizada será 5W1H, e não 5W2H.

Esta ferramenta consiste em definir as atividades, os responsáveis, os prazos, o local, a metodologia e o motivo de cada ação estabelecida no plano, através de perguntas simples e objetivas (o que, quem, quando, por quê, onde, como), auxiliando os envolvidos no problema a levarem em consideração todos os itens necessários para a mitigação das causas, evitando assim o esquecimento de informações relevantes.

Com o intuito de facilitar a visualização e o acompanhamento das ações foi elaborado um gráfico de Gantt que tem como objetivo principal ilustrar o avanço das diferentes etapas do projeto, contendo a data prevista para realização e sua conclusão. Após a implementação de



todas as ações, decidiu-se realizar a validação das melhorias através de uma amostragem da produção piloto ao longo da primeira semana de produção, contemplando todos os turnos trabalho, a fim de verificar a eficácia do plano de ação proposto.

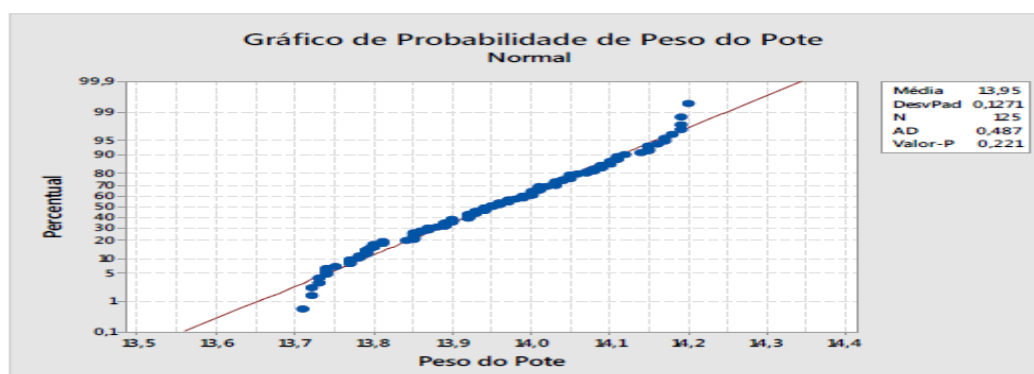
Na etapa a seguir, iremos verificar quantitativamente se as ações implementadas surtiram o efeito desejado.

3.5 C – CONTROLE

Considerando que o resultado da análise de capacidade conduzida antes das ações de melhorias evidenciou que não havia diferenças significativas entre as cavidades do molde, foram coletadas 125 amostras de cavidades aleatórias, seis amostras por turnos em três períodos diferentes, ao longo da semana da produção piloto.

Para confirmar que a nova amostra coletada respeita uma distribuição normal, realizou-se o teste de normalidade de Anderson-Darling utilizando o software Minitab. Para o gráfico do teste de normalidade (Figura 6), contemplou-se as 125 amostras, validando a normalidade dos dados, verificando um Valor-P de 0,221, sendo superior a 0,05, confirmando assim, os dados da amostra como aceitáveis.

FIGURA 6: TESTE DE NORMALIDADE DAS AMOSTRAS – PRODUÇÃO PILOTO



FONTE: Os autores (2020)

Em seguida, avaliou-se a capacidade do processo durante a produção do lote piloto, o software Minitab foi novamente utilizado para o cálculo da capacidade da amostra coletada, conforme a Figura 7.

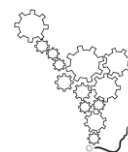
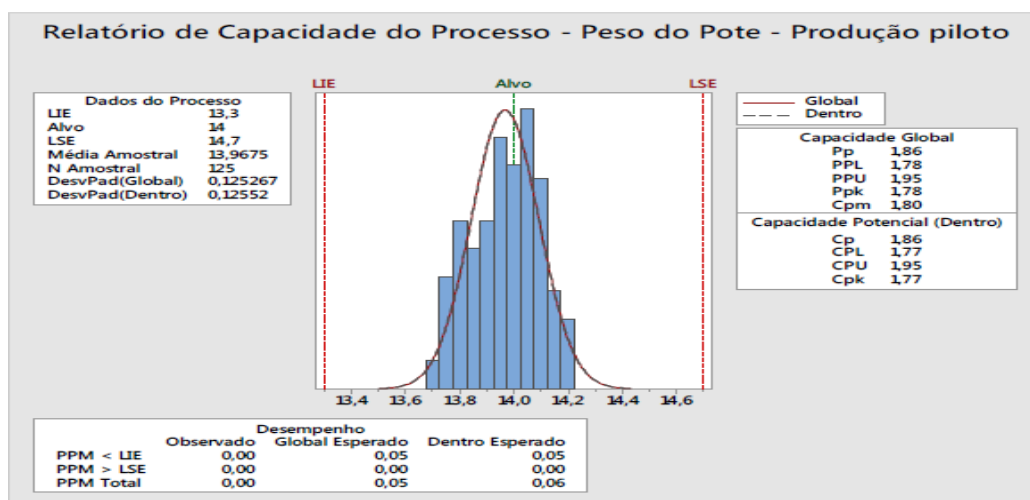


FIGURA 7: ANÁLISE DE CAPACIDADE – PRODUÇÃO PILOTO



FONTE: Os autores (2020)

Analisando os resultados acima, evidenciaram-se os valores de índice C_p igual a 1,86 e índice C_{pk} igual a 1,77, sendo assim, considera-se o processo capaz, apresentando uma excelente melhora em relação à análise realizada anteriormente a implantação das ações de melhoria. Em teoria, um processo será considerado relativamente confiável de 5 sigma quando os índices C_p e C_{pk} indicam um valor acima de 1,67 (MONTGOMERY, 2016).

Pôde-se observar que a variável em peso tem uma distribuição mais centralizada comparada as primeiras análises, aumentando a probabilidade do processo em atender os limites de engenharia. Consequentemente, essa redução percebida contribui em menores custos de produção, devido ao menor consumo de matéria-prima.

3.5.1 Padronização

Com a implementação das ações, surgiram métodos e procedimentos a serem padronizados, com o intuito de melhorar e gerenciar os processos. Como forma de padronização foram implementados sistemas de controles (gestão à vista, e auditorias), além de reuniões semanais.

Gestão à vista: Foi implementada através de um quadro de gestão à vista, ao lado da máquina, as fichas de controle do processo (Figura 8), que facilitam a gestão de atividades de limpeza, lubrificação, inspeção e segurança, além de fichas técnicas do processo, e mapeamento das partes da máquina.

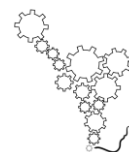


FIGURA 8: GESTÃO À VISTA DE FICHAS DE CONTROLE DO PROCESSO



FONTE: Os autores (2020)

As fichas de controle são compostas por *checklists*, procedimentos e cronogramas de atividades, as mesmas são preenchidas diariamente pelos operadores, facilitando assim a informações e controle de todos os turnos e demais setores, como o de manutenção planejada.

Auditorias de posto: Com os padrões criados, fez-se necessário a implementação de um cronograma de auditorias de posto mensais realizadas pelo setor de engenharia de processos da empresa, para averiguar o processo de gestão, se os mesmos estão sendo seguidos, e se estão funcionando de forma adequada e eficaz. Permitindo assim, atingir os resultados estabelecidos, focando na melhoria dos processos.

Reuniões: Com o intuito de comunicar aos setores envolvidos com o processo produtivo, as informações relacionadas a indicadores de produtividade da máquina, quantidade de quebras, cronogramas de lubrificação, inspeção, limpeza, entre outros itens, foram conduzidas reuniões semanais com duração de 20 minutos envolvendo a participação dos operadores, auxiliares de produção da máquina, além dos técnicos da área, manutentores e ferramenteiros.

3.5.2 Monitoramento por gráficos de controle

Com o objetivo de avaliar a variação do peso ao longo do tempo e estabilizar o processo, foi aplicado um estudo de Controle Estatístico do Processo (CEP). Para elaborar o gráfico de controle das médias, calculou-se a amplitude média de cada amostra, a seguir, calculou-se a média das médias e média das amplitudes, utilizando os cálculos apresentados em Reis (2001). Em seguida, utilizando o software Minitab, foram gerados os gráficos de controle (Figura 9) das amostras coletadas durante a produção em massa, ao longo do mês de setembro.

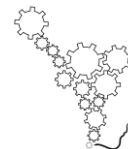
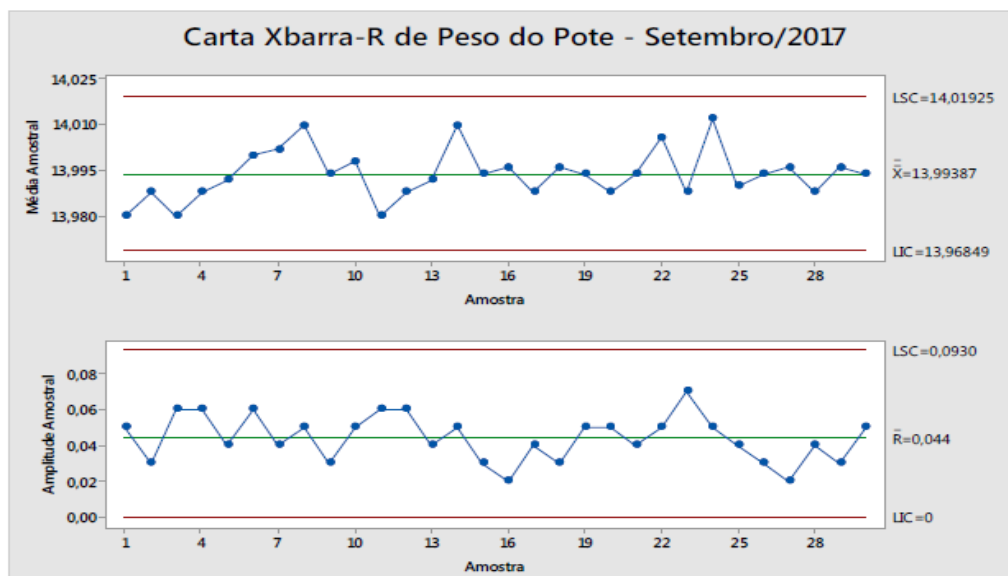


FIGURA 9: GRÁFICO DE CONTROLE – MÉDIA E AMPLITUDE – SET/17



FONTE: Os autores (2020)

Analisando os gráficos de controle, observou-se que o processo se encontra sob controle, devido ao fato de não apresentarem tendências e tão poucas variações representativas nos valores encontrados.

Novamente confirmou-se que a amostra coletada respeita uma distribuição normal, através do teste de normalidade de Anderson-Darling. O teste em questão apresentou um Valor-P de 0,480, validando assim, os dados da amostra como aceitáveis.

Por fim, foi calculada a capacidade do processo da produção em massa do mês de setembro, obtendo os valores de índice C_p igual a 2,98 e índice C_{pk} igual a 2,87, que representam um processo excelente de 6 sigma, apresentando mais uma expressiva melhora em relação à análise realizada na produção piloto. Em linhas gerais, pôde-se observar que com o acompanhamento diário da carta de controle durante o mês de setembro, os valores encontrados nas medições do peso estão cada vez mais próximos ao nominal e o processo cada vez mais estável quanto ao peso do pote.

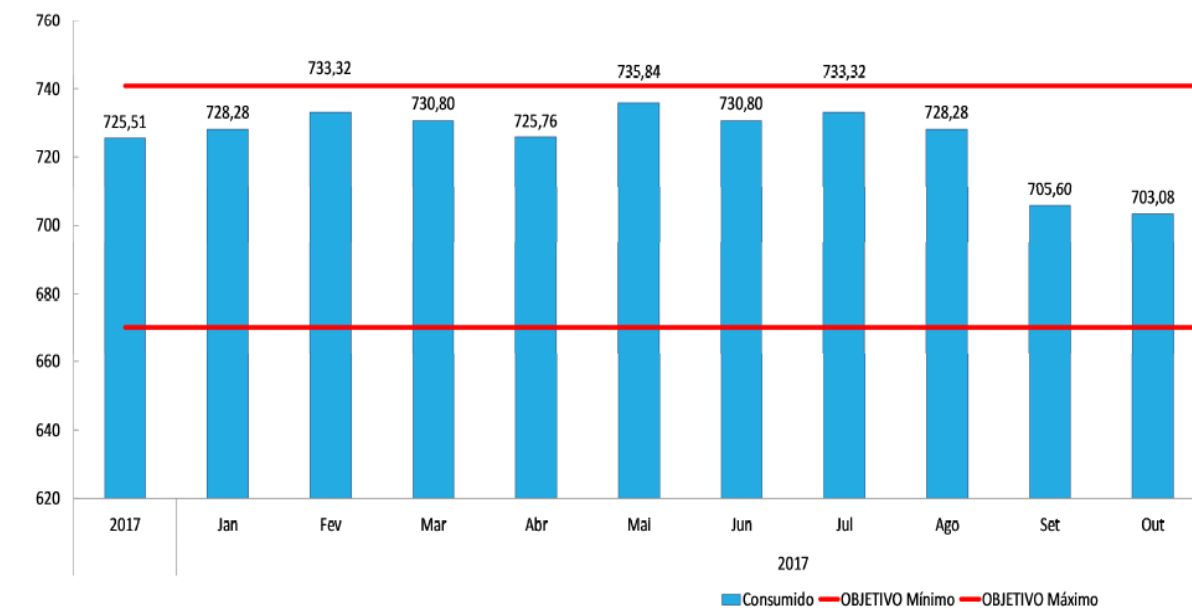
3.5.3 Monitoramento de KPI

Com o intuito de verificar a eficácia das ações implementadas, foi acompanhado o KPI (*Key Performance Indicator*) de consumo médio de matéria prima por lote produzido. Para o



cálculo desse indicador considerou-se a média de matéria prima consumida por lote em cada mês do ano de 2017. Em seguida, comparou-se com os consumos máximos e mínimos possíveis pelo limite de especificação de engenharia. Assim o gráfico da Figura 10 apresenta os valores de consumo médio de matéria-prima por lote produzido em cada mês.

FIGURA 10: CONSUMO MÉDIO DE MATÉRIA-PRIMA POR LOTE PRODUZIDO



FONTE: Os autores (2020)

Analisando os resultados do KPI acima, observa-se que houve uma redução significativa no consumo médio de matéria prima por lote produzido, a partir do mês de setembro, quando foram finalizadas as ações de melhoria.

Considerando que entre os meses de janeiro a agosto a média do consumo de matéria prima por lote produzido era de 730,80 kg de polímeros e a média de setembro e outubro foi de 704,34 kg, a redução média do consumo por lote nos dois primeiros meses foi 26,46 kg de polímeros.

Atualmente, o custo de matéria prima gira em torno de R\$ 5,00, representando uma economia de R\$132,30 por lote. Em um dia normal de produção são produzidos 3 lotes inteiros. Sendo assim, em média a economia mensal de matéria prima gerado com o projeto pode chegar a R\$ 11.907,00.



4 CONCLUSÃO

As ferramentas da qualidade e metodologias aplicadas nesse estudo foram fundamentais para que a empresa obtivesse a melhoria de seus processos, bem como a redução de custos, desperdícios e a interação entre todos os setores produtivos envolvidos.

Conforme o estudo foi se desenvolvendo e atingindo seus objetivos em cada etapa proposta, como o acompanhamento do processo de fabricação, a avaliação da capacidade do processo e das ferramentas de medição, além da implementação de melhorias foi possível atingir o objetivo inicial do estudo.

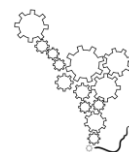
Após a aplicação de todo esse processo metodológico, foi possível evidenciar a redução do consumo de matéria prima do processo em questão, conforme o acompanhamento dos últimos dois meses pós-implementação das ações de melhoria, evidenciou-se a possibilidade de uma economia de aproximadamente R\$ 11.907,00 mensais.

Além dos ganhos financeiros mencionados acima, é notável, após a conclusão desse estudo, que a empresa se fortaleceu, permitindo a comunicação e interação entre as áreas. Fato que chamou a atenção da alta gerência que se mostrou interessada e envolvida na expansão das reuniões semanais para as demais máquinas, mudando assim a cultura organizacional da empresa em seus diversos níveis.

Ficou evidente para todos da empresa que participaram deste projeto, que o monitoramento de processos, é fundamental para que se busque o desenvolvimento e melhoria continua, pois, a empresa consegue ter a previsão de suas variações, e domínio de todos os processos, e só assim é possível almejar por novos mercados e investimentos.

REFERÊNCIAS

- CARPINETTI, L. C. R.; **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo: Editora Atlas, 2010.
- CARVALHO, M. M. **Selecionado Projetos Seis Sigma**. ROTONDARO, R. G. (Org.) Seis Sigma estratégia gerencial para a melhoria dos processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, p.49-79, 2002.
- GIL, A. C.; **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.



- MONTGOMERY, D. C.; **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 7^a ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2016.
- REIS, M. M. **Um modelo para o ensino do Controle Estatístico da Qualidade**. 2001. 379f. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.
- RODRIGUEZ, G.; Apresentação. **Gestão da qualidade total**. 2015. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/2353099/>>. Acesso em: 25 mar. 2017.
- ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma**: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. 1. Ed. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2002.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**, 3ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- SLEEPER, Andrew D. **Design for Six Sigma Statistics**: 59 Tools for Diagnosing and Solving Problems in DFSS Initiatives. - Fort Collins, Colorado: McGraw-Hill, 2006.
- THIOLLENT, M.; **Metodologia da pesquisa ação**. 18^a edição, São Paulo: Editora Cortez, 2011.
- VERGARA, S. C.; **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Editora Atlas, 2000.
- WERKEMA, M. C. C.; **Criando a cultura Seis Sigma**. Nova Lima: Werkema Editora, 2004.