

## APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DE DEFEITOS EM JUNTAS MOLDADAS DE ELASTÔMEROS EPDM PARA GUARNIÇÕES AUTOMOTIVAS

**Tecnol. Lucas Sttevan Ramos das Dores**

lucas.dores@fatec.sp.gov.br

**Tecnol. Lucas Kiyoharu Otaki**

lucas.otaki@fatec.sp.gov.br

**Tecnol. Mauro Sergio Ferreira**

mauro.ferreira@fatec.sp.gov.br

**Dr<sup>a</sup>. Linda Catarina Gualda**

linda.gualda@fatec.sp.gov.br

**Me. Eng. Gustavo Pinto Petrechen, LSSBB<sup>1</sup>**

gustavo.petrechen@fatec.sp.gov.br

**Fatec Itapetininga – SP**

**RESUMO:** Utilizando a sequência: definir, medir, analisar, melhorar e controlar (DMAIC), este trabalho apresenta um projeto de melhoria seis sigma aplicado em um processo de injeção de guarnições automotivas de Etileno-Propileno-Dieno Monômero (EPDM). No projeto foram utilizadas as ferramentas da qualidade folhas de verificação e os diagramas de Pareto e de Ishikawa. Também foi desenvolvido e executado um plano de ação para melhorar o processo, o qual resultou em significativa melhoria, com redução da quantidade de defeitos e consequente impacto na lucratividade da companhia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Guarnições Automotivas. DMAIC. Seis Sigma. Etileno-Propileno-Dieno Monômero (EPDM).

### APLLICATION OF SIX SIGMA METHODOLOGY TO REDUCE DEFECTS IN MOLDED JOINS OF EPDM ELASTOMERS FOR AUTOMOBILE TRIMS

**ABSTRACT:** Using the DMAIC sequence (Define, Measure, Analyze, Improve and Control), this work presents a Six Sigma improvement project applied in an injection process of Ethylene-Propylene-Diene Monomer (EPDM) automotive trims. In this project, the tools of quality check sheets and Pareto and Ishikawa diagrams were used. An action plan was also developed and executed to improve the process, which resulted in a

significant improvement in the process with a reduction in the number of defects and consequent impact on the company's profitability.

**KEYWORDS:** Automotive Trims. DMAIC. Six Sigma. Ethylene-Propylene-Diene Rubber (EPDM).

### 1. INTRODUÇÃO

A metodologia Seis Sigma tem como foco a redução nas variações de processos, eliminando possíveis causas e ocorrências de defeitos, além de diminuir os erros de medição (ULUSKAN; ERGINEL 2017 apud BIAZETTO; CHIROLI; GLAVAM, 2019). Neste processo, o Seis Sigma utiliza uma sequência específica denominada DMAIC que é o acrônimo para *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), utilizando ferramentas específicas em cada etapa como, por exemplo: as Folhas de Verificação, o Diagrama de Ishikawa e o

<sup>1</sup> Lean Six Sigma Black Belt

Diagrama de Pareto. (ZÁRATE; ALEJANDRO, 2018).

Na indústria automobilística as guarnições são peças que servem para vedar, proteger e facilitar a montagem em certas partes específicas de um automóvel. De modo geral, são feitas de borracha Etileno-Propileno-Dieno Monômero (EPDM), um material que deve resistir ao intemperismo, fadiga e desgaste a que são submetidas. Considerando que o processamento dessas peças ocorre por moldagem por injeção, na montagem de veículos, um problema comum é o descolamento das guarnições em pontos específicos. (ARAÚJO, 2014).

Isto posto, o objetivo deste trabalho foi verificar a aplicação da metodologia Seis Sigma, seguindo a sequência DMAIC, com uso de suas ferramentas, na redução de defeitos na produção de guarnições de EPDM em juntas moldadas por processo de injeção, em uma fornecedora de autopeças para grandes montadoras. Para isso, realizou-se um estudo de caso da aplicação da sequência DMAIC, e suas ferramentas, na redução dos índices de defeitos de guarnições de EPDM em uma fabricante de autopeças.

## 2. METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado em uma empresa fabricante de autopeças localizada na região de Itapetininga, estado de São Paulo, de junho a outubro de 2021.

Esta empresa atua principalmente na fabricação de peças de material plástico.

Durante a pesquisa, o foco foi a análise das linhas de moldagem por injeção das guarnições automotivas, onde buscou-se identificar possíveis oportunidades de melhoria.

Para iniciar o processo de coleta de dados para elaboração do estudo, inicialmente, foi realizada uma visita em todo o processo produtivo das guarnições a fim de conhecer o fluxo do processo juntamente com as lideranças da produção. Em sequência, realizou-se o entendimento do processo e do fluxo das informações, da mão-de-obra envolvida e dos materiais utilizados durante o processo com intuito de entender o processo para coletar informações a respeito dos índices de defeitos e seus métodos de medição, dos parâmetros e características do processo de injeção e das etapas anteriores, como estoque dos insumos, por exemplo, que poderiam resultar em defeitos.

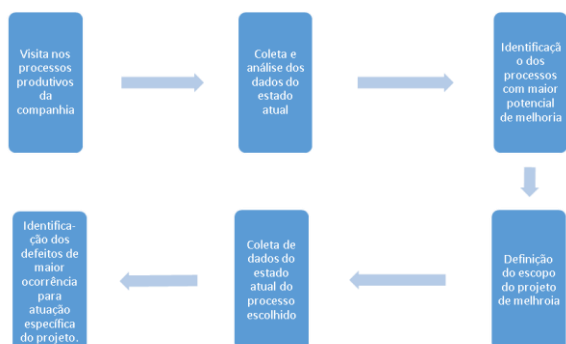
As visitas no processo produtivo foram realizadas em três manhãs, sendo quatro horas cada visita, na qual participaram o gerente da produção, o gerente de processos, engenheiros, líderes e supervisores de Produção. Essa atividade proporcionou oportunidade da identificação de várias possibilidades de melhorias. Neste momento foi identificado um alto índice de defeitos em guarnições automotivas por juntas descoladas no processo de moldagem, por perfis com comprimento fora do especificado, por falta de material no processo de moldagem, dentre outros defeitos que foram observados.

Como supracitado, o projeto de melhoria foi planejado seguindo a sequência

DMAIC da metodologia Seis Sigma, que envolveram as etapas e suas ações, sendo:

(i) Definir: Nesta etapa foram identificados os produtos com maior índice de defeitos e com maior interesse em execução do projeto de melhoria. Para tal, foram utilizados os passos descritos no fluxograma apresentado na Figura 1. Com isso, foi possível identificar quais processos estavam passíveis de melhoria, seguindo da análise de viabilidade, necessidade, capacidade e interesse da companhia. (ZAMMAR, 2020).

FIGURA 1: Fluxograma da escolha do processo



Fonte: Elaboração Própria (2021).

Assim, nesta etapa foi estabelecido como sendo as duas linhas de moldagem por injeção das guarnições automotivas as que incidiam os maiores índices de defeitos e as com maior interesse da empresa em executar um projeto de melhoria.

(ii) Medir: Tendo como base as informações disponíveis nas linhas, as quais eram quantificadas diariamente através de folhas de verificação, foi realizada a segunda etapa da sequência DMAIC, onde foram levantados os dados de medição de defeitos. Esses dados são necessários para avaliação da efetividade das ações e para comparação

de desempenho após implementação das melhorias.

(iii) Analisar: Nesta etapa, tendo como base os dados coletados na fase “Medir”, foram analisadas as causas do defeito identificado como de maior ocorrência através da elaboração de um diagrama de Ishikawa. Todas as variáveis identificadas que contribuíram na ocorrência do problema foram analisadas gerando uma visão ampla dos potenciais pontos e ações que impactariam em redução da ocorrência do problema e consequente melhoria do processo.

(iv) Melhorar: Nessa etapa, após coleta, levantamento, quantificação e análise dos dados e variáveis, um plano de melhoria com algumas ações pontuais foi proposto para atuação em pontos específicos do processo. Essas ações foram realizadas nas duas linhas identificadas.

(v) Controlar: Na última etapa, após implementadas as ações propostas, foram realizadas novas medições dos índices de defeitos dos processos visando verificar tanto a efetividade quanto a manutenção das melhorias. Um novo período de medição foi realizado por meio de dados em folhas de verificação em nove dias de produção.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 A METODOLOGIA SEIS SIGMA

O conceito da metodologia Seis Sigma é, de certa forma, recente, surgindo por volta da década de 1980 na empresa Motorola,

fabricante dos televisores Quasar. Visando aumentar a satisfação dos clientes e reduzir desperdícios durante o processo produtivo, foi implementada num cenário onde já se sabia a importância de analisar a qualidade do processo e do produto. Assim, o uso dessa filosofia objetivou, naquele momento, melhorar a qualidade e a competitividade no mercado (COUTINHO, 2020).

Apesar do bom resultado trazido pela aplicação do programa na empresa Motorola, o programa ganhou maior popularidade só no ano de 1994, quando Jack Welch, CEO da empresa multinacional General Electric, considerou que a metodologia era de fato o caminho para aumentar a qualidade de seus produtos e conseguir maior rentabilidade (SANTOS, 2016).

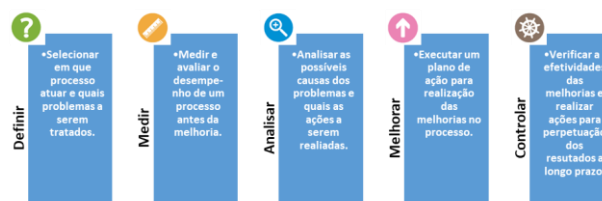
Para melhor compreensão da metodologia, alguns termos são utilizados para se referir ao Seis Sigma como: prática, iniciativa, metodologia, técnica, programa, estratégia, dentre outros que são comuns se encontrar em literaturas e dentro das organizações. (SATOLO et al. 2009 apud SANTOS, 2016). Para o autor Pande et al. (2001 apud SANTOS, 2016), dentre as diversas formas de se referir ao termo Seis Sigma, este pode ser compreendido como a forma de mensurar algo, estabelecer metas e realizar mudanças organizacionais, tendo como retorno a redução de custos, maximização da produtividade, maior captação de novos clientes, melhor clima organizacional e aumento do sucesso de uma organização em manter-se capaz de competir dentro de um determinado mercado.

A metodologia Seis Sigma tem como fatores fundamentais para sucesso a tomada de decisões com base em dados reais, a aplicação correta da sequência DMAIC, o apoio da liderança e o comprometimento dos membros dos projetos (WERKEMA, 2012 apud ARANTES, 2014).

### 3.2 A SEQUÊNCIA DMAIC E SUAS FERRAMENTAS

A sequência DMAIC (Figura 2) objetiva organizar um projeto de melhoria de Seis Sigma através das etapas: definir, medir, agir, melhorar e controlar. Visa solucionar problemas e implementar melhorias de forma cíclica e persistente, contribuindo para o processo de melhoria contínua (*Kaizen*) (DE MAST; LOKERBOOL, 2012 apud BRAITT; FETTERMANN, 2014). As ferramentas aplicadas durante as etapas do DMAIC, contribuem para construção de um método estruturado, sistemático e disciplinado, capaz de reduzir os índices de defeitos e falhas, seja em um produto, processo ou serviço prestado por uma organização (SANTOS, 2006, CARVALHO; PALADINI, 2005 apud BRAITT; FETTERMANN, 2014).

FIGURA 2: Sequência DMAIC



Fonte: Elaboração Própria (2021).

#### 3.2.1 Folhas de Verificação

A folha de verificação é um formulário que tem como função coletar dados de um determinado processo e auxiliar na identificação de ocorrências. Deve conter informações definidas anteriormente para controle de um processo e ser realizada de forma simples, rápida e organizada por pessoas que estejam constantemente presentes, como inspetores de produção e operadores de máquina, por exemplo. Existem dois tipos de formulários que são os mais comuns dentro das companhias: a “verificação para distribuição de um item de controle de processo” e a “verificação para classificação de defeitos” (CARPINETTI, 2012 p.78 apud FABRIS, 2014).

Antes de iniciar a coleta de dados para elaboração da folha de verificação é importante definir qual é o objetivo esperado de forma a evitar a coleta de informação desnecessária e confusa para identificação das condições de um processo. Segundo Lobo (2013 apud FABRIS, 2014), a ferramenta folha de verificação por processo mostra a variação que existe em um processo específico, por exemplo, os tipos de defeitos mais que são apresentam frequências e que tem mais número de causas durante o processo produtivo, conforme ilustra a Figura a seguir:

Figura 3: Folha de Verificação para variação de processo.

Lista de Verificação																					
Data:																					
Estágio de Verificação:		Seção:																			
Produto:		Máquina:																			
Total Inspeccionado:		Inspetor:																			
Lote:		Turno:																			
Especificação (peso)	Variação	Verificações										Frequência									
		me	no	r	q	ue	-0,03	X													
	-0,03	X																			
	-0,02	X	X																		
	-0,01	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5,20	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	0,01	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	0,02	X	X	X																	
	0,03	X	X	X																	
	maior que 0,03	X																			
											TOTAL										

Fonte: Coutinho (2017).

A folha de verificação é aplicada a qualquer momento do processo, seja antes de um projeto de melhoria, para verificação do estado atual; seja depois, com o intuito de verificar a efetividade das medidas implementadas e controle (ANDRADE et al., 2012).

### 3.2.2 Diagrama de Pareto

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009 apud PEREIRA; OLIVEIRA; SOUZA, 2018), nos métodos de melhoria de processos é importante separar os itens de avaliação sob o grau de importância. O Diagrama de Pareto tem como proposta identificar aqueles mais relevantes para que possam ser priorizados. (PEREIRA; OLIVEIRA; SOUZA, 2018).

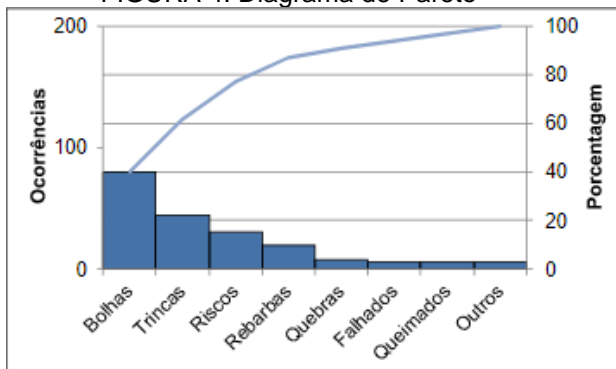
Essa ferramenta basicamente é uma prática de classificação que, no caso de projetos de melhoria de processos, tipos de anormalidades, problemas ou defeitos, juntamente ou não com suas respectivas causas, podem ser ordenados por importância, possibilitando direcionar os esforços onde é possível se obter melhores resultados. (PEREIRA; OLIVEIRA; SOUZA, 2018).

Outra função do diagrama é separar os problemas relativos às reclamações de clientes, os ordenando de acordo com a frequência que determinado problema é percebido. Isso possibilita a priorização de problemas através de uma classificação priorizada. (PEREIRA; OLIVEIRA; SOUZA, 2018).

Na Figura a seguir, está ilustrado um exemplo de Diagrama de Pareto, medindo a

ocorrência de problemas em serviço de distribuição e entrega.

FIGURA 4: Diagrama de Pareto



Fonte: Batalha (2008 apud PEREIRA; OLIVEIRA; SOUZA, 2018).

Em resumo, a ferramenta da qualidade Gráfico de Pareto tem como função fornecer informações necessárias para o melhor entendimento das prioridades na tomada de decisões, pois permite a quem analisa um processo entender e identificar quantitativamente e graficamente dados deste. (SOUZA, 2010 apud PEREIRA; OLIVEIRA; SOUZA, 2018).

### 3.2.3 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito, é uma ferramenta gráfica de fácil visualização das causas e efeitos de um problema. Para processos industriais, uma prática comum é a categorização das causas em um Diagrama de Ishikawa em seis tipos. Esse método é também conhecido como 6M e engloba as categorias (DALE; BARRIE, 2007):

a) Mão de obra: causas que envolvam comportamento de pessoas que colaboram diretamente com um

processo. Exemplos: imperícia, pressa, falta de treinamento, motivação, desatenção, fadiga humana etc.

b) Máquina: causas que envolvam os maquinários utilizados em um processo. Exemplos: problemas de manutenção, capacidade inadequada, variações relacionadas as máquinas etc.

c) Material: causas que envolvam os materiais utilizados em um processo. Exemplos: falta de qualidade ou inconformidade de insumos, problemas de estocagem etc.

d) Método: causas que envolvam os métodos utilizados em um processo. Exemplos: instruções inadequadas, tipo de processo inadequado, *layout* incorreto, parâmetros de processo inadequados etc.

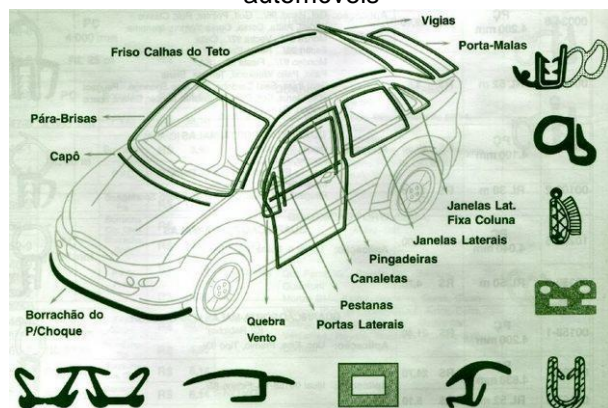
e) Medida: causas que envolvam a forma como os dados do processo são mensuradas. Exemplos: problemas relacionados a calibração de instrumentos em um processo, erros sistemáticos de medição e variações, efetividade de indicadores etc.

f) Meio ambiente: causas que envolvam variações relacionadas ao meio ambiente do processo. Exemplos: variações de temperatura e umidade, ocorrência de chuva, pouca luz etc.

### 3.2.4 Guarnições automotivas

As guarnições na indústria automotiva são peças que separam partes móveis, como portas e tampas; frágeis, como vidros; ou que demandem proteção extra, como para-choques, por exemplo. Suas funções são: evitar o desgaste, facilitar a montagem e também isolar o automóvel do ambiente externo. A Figura a seguir mostra as principais guarnições de um automóvel:

FIGURA 5: Guarnições produzidas para automóveis



Fonte: Borrachas Império LTDA. (2021)

### 3.2.5 As borrachas etileno-propileno-dieno (EPDM)

Um elastômero é um material polimérico capaz de sofrer grande deformação elástica, ou seja, é um material que se deforma amplamente e retorna a sua forma original após cessar a força aplicada. Existem vários tipos de elastômeros, como a borracha natural (BR), a borracha de estireno butadieno (SBR), a borracha de acrílico nitrila butadieno (NBR) e outras. (GOMES, 2013).

A borracha de etileno-propileno-dieno (EPDM), do inglês *ethylene propylene diene monomer rubber*, corresponde a um terpolímero de etileno, propileno e dieno. As letras “E” e “P” significam respectivamente, etileno e propileno; a letra “D” corresponde ao terceiro monômero, um dieno, que é introduzido na cadeia, enquanto que a letra “M” significa que a borracha tem uma cadeia saturada do tipo polimetileno  $-(CH_2)_x-$ . (GOMES, 2013).

### 3.2.6 O processo de moldagem por injeção das guarnições

O processo de moldagem de EPDM, consiste na aplicação de certa quantidade de composto elastômero não vulcanizado em um molde de metal aquecido. O material que está aquecido e plastificado escoar sob uma pressão aplicada, preenchendo a cavidade do molde, transformando o elastômero na geometria do molde. Ao elevar a temperatura do molde acima da temperatura de indução do agente de vulcanização, a borracha se curva e suas moléculas se ligam tornando-se um material com corpo elástico, na qual, não se trata mais de um plástico e pode ser retirado do molde acima da temperatura ambiente. Ao resfriar, o material retirado está pronto para o processo de acabamento ou para próxima operação que desejar. (IRINEU, 2013).

O composto a ser injetado é inserido por uma máquina injetora através de um silo, podendo estar nos mais diversos formatos, na qual, será direcionado a uma rosca sem fim. A rosca sem fim, conhecida também como fuso, mantém-se em rotação e transporta o

composto até seu bico de injeção em alta temperatura e seu transporte vai se plastificando durante esse percurso. O molde realiza o fechamento e a unidade de injeção da máquina injetora realiza o movimento para dentro do molde. (IRINEU, 2013).

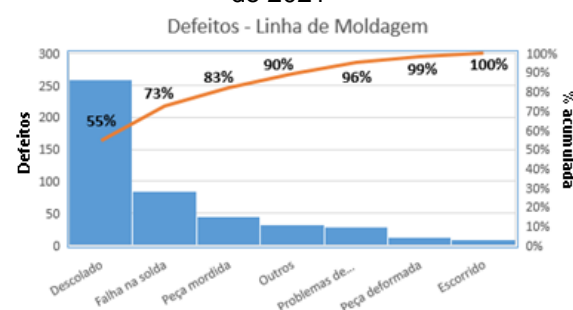
Ao final do processo de injeção, o composto injetado mantém-se pressurizado para o processo de recalque e fixação, enquanto o material é recolhido pelo fuso da unidade de injeção sofrido pelo processo de injeção. O tempo em que o material fica pressurizado dentro da unidade do molde é chamado de tempo de cura, o qual varia de composto para composto e o tamanho da moldagem. (IRINEU, 2013).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a visita nas linhas de produção da empresa, foi observado alto índice de defeitos visuais, tais como: peça com mordedura (rasgos decorrentes de ação mecânica), falha na solda, peça deformada e com escorrimento de material fundido, gerando refugos em duas linhas de moldagem de guarnições automotivas de borrachas EPDM. A partir de sugestões com os responsáveis, ficou definido como o melhor local para aplicação do projeto de melhoria as linhas de produção G-035 e G-036 de guarnições de EDPM moldadas por injeção. Assim, com um processo a atuar definido, o estudo prosseguiu para a próxima etapa, de medições.

Após definidos os processos para atuação do projeto de melhoria, foi realizado um levantamento do tipo e frequência dos defeitos ocorridos no mês de julho de 2021 no local. Com o objetivo de melhor visualização e definição da melhor estratégia de atuação do projeto de melhoria, esses dados foram compilados de forma a gerar um Diagrama de Pareto, tal qual mostrado no Gráfico 1, abaixo:

GRÁFICO 1: Diagrama de Pareto para defeitos na produção de guarnições em julho de 2021



Fonte: Elaboração Própria (2021).

Após análise dos dados do Diagrama de Pareto, foi possível observar que os dois defeitos que apresentavam maior ocorrência eram: deslocamento das juntas moldadas, e falha na solda (73% das ocorrências). A partir deste gráfico, definiu-se como defeito, a ser analisado nas próximas etapas, o descolamento das juntas moldadas, também chamado de “descolado”, ou seja, uma ruptura na região de união entre os perfis termoplásticos vulcanizados.

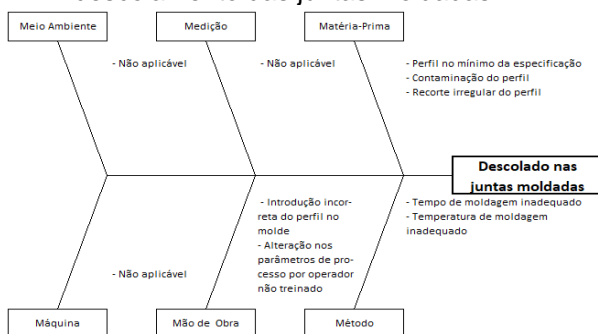
Após definição do defeito a ser minimizado, realizou-se a análise do problema com a finalidade de identificar suas possíveis causas e objetivando elaborar um plano de ação seguinte. Para tal, foi utilizado o Diagrama de Ishikawa,



também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito, para compreender as variáveis que interferiram nesse problema.

Para montagem do diagrama foi realizada uma reunião em 27 de agosto de 2021 em que participaram seis pessoas, incluindo: dois operadores de produção, um supervisor e o engenheiro de processos responsável pelas linhas. A reunião resultou na elaboração do Diagrama de Ishikawa apresentado na Figura 6:

FIGURA 6: Diagrama de Ishikawa para o descolamento das juntas moldadas



Fonte: Elaboração Própria (2021).

Após construir o diagrama de causa e efeito com configuração baseada nos 6Ms (matéria prima, mão de obra, método, máquinas, medição, meio-ambiente), foi possível ter um direcionamento para elaboração de um plano de ação mais eficaz para redução dos índices de defeito no processo. Com a discussão e análises das possibilidades, elencaram-se as seguintes causas para os defeitos encontrados nas peças: matéria-prima, mão de obra e método.

Especificando ainda mais, quanto à matéria-prima, as causas foram: perfil no limite mínimo da especificação (proximidade à mínima variação permitida), contaminação do perfil (armazenamento incorreto) e recorte

irregular do perfil (corte irregular, desalinhamento da faca). Em relação à mão de obra, identificou-se: introdução incorreta do perfil no molde, injeção incorreta, posicionamento incorreto (resultando em descolamento). Por fim, acerca do método, foram identificados como causas: o tempo e temperatura de moldagem inadequados.

A partir destas causas foi elaborado e implementado um plano de ação, descrito na etapa “melhorar” da sequência DMAIC. Com a finalidade de reduzir os índices do defeito de descolamento das juntas das guarnições, diversas ações foram implementadas conforme descritas a seguir:

- (i) **Ação 1:** Acertar e fixar o perfil de temperatura da injetora. A partir do *benchmarking* realizado em outras plantas do grupo da companhia, como na Tailândia e no México, foi realizado um estudo para que fosse fixada a temperatura do painel de controle, de acordo com as condições climáticas do Brasil. Verificou-se que a temperatura utilizada em outras plantas no mundo era de 220°C, com uma variação permitida de  $\pm 20^\circ\text{C}$ . Após acompanhamento do processo, foi constatado que a temperatura do molde elevava mais rapidamente que em outras plantas e propôs-se a alteração da temperatura nominal da máquina injetora de 220°C para

de 200°C, permitindo variar entre 180°C a 220°C. Após testes, essa temperatura mostrou-se adequada para o processo, produzindo peças sem defeitos. Além disso, a fim de não haver alterações na temperatura, apenas o responsável técnico da linha, a qual possui a senha, passou a ter autorização para alterar os parâmetros da máquina;

- (ii) Ação 2: Limpeza das pontas dos perfis extrudados com o solvente de limpeza DSP e água, a fim de evitar contaminação na região a ser moldada para que não ocorresse o defeito de “descolado” em aproximadamente 48 horas após a moldagens das juntas injetadas. Para melhor compreensão, abaixo são apresentadas as imagens do solvente de limpeza DSP (Figura 7), pontas dos perfis a serem limpos (Figura 8) e dos borrifadores de água (Figura 9)

FIGURA 7: Solvente de limpeza DSP utilizado na limpeza da ponta dos perfis



Fonte: Elaboração Própria (2021).

FIGURA 8: Ponta do perfil



Fonte: Elaboração Própria (2021).

FIGURA 9: Borrifador de água



Fonte: Elaboração Própria (2021).

- (iii) Ação 3: A última ação tomada para reduzir a contaminação dos perfis foi o armazenamento destes em sacos plásticos, evitando o contato com qualquer tipo de contaminação no meio externo. A Figura seguinte mostra um perfil embalado em sacos plásticos, após limpeza, para evitar nova contaminação.

FIGURA 10: Perfis armazenados em sacos plásticos após limpeza



Fonte: Elaboração Própria (2021).

Após implementação destas três

ações, notou-se redução nos defeitos no processo. Tal diminuição pode ser constada a partir da etapa “controlar”, na qual foi realizado um novo levantamento dos dados, para garantir que as melhorias propostas tivessem efetividade nos resultados de longo prazo e o projeto se mantivesse sob controle. Os dados de defeito coletados nas linhas de montagem no mês anterior e a aplicação do projeto de melhoria são apresentados na Tabela 1, e os dados coletados no mês 9, após a implementação das melhorias, são mostrados na Tabela 2.

TABELA 1: Quantidade do defeito “descolado” no mês 8

AGOSTO	DIAS	13/08/2021	14/08/2021	15/08/2021	16/08/2021	20/08/2021	21/08/2021	22/08/2021	23/08/2021	26/08/2021	MÉDIA
G-035	PRODUÇÃO	84	126	126	126	112	168	112	126	238	33,68%
	DEFEITOS	68	27	41	30	19	29	51	47	65	
	%	80,95%	21,43%	32,54%	23,81%	16,96%	17,26%	45,54%	37,30%	27,31%	
G-036	PRODUÇÃO	56	154	154	154	112	140	140	140	238	30,39%
	DEFEITOS	37	46	39	38	29	17	47	43	60	
	%	66,07%	29,87%	25,32%	24,68%	25,89%	12,14%	33,57%	30,71%	25,21%	
TOTAL		73,51%	25,65%	28,93%	24,24%	21,43%	14,70%	39,55%	34,01%	26,26%	32,03%

Fonte: Elaboração Própria (2021).

TABELA 2: Quantidade do defeito “descolado” no mês 9, após implantação das melhorias.

SETEMBRO	DIAS	13/09/2021	14/09/2021	15/09/2021	16/09/2021	17/09/2021	20/09/2021	21/09/2021	22/09/2021	23/09/2021	MÉDIA
G-035	PRODUÇÃO	336	322	322	322	322	308	322	336	294	0,26%
	DEFEITOS	8	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	2,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
G-036	PRODUÇÃO	336	322	322	322	308	322	322	336	294	0,00%
	DEFEITOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
TOTAL		1,19%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,13%

Fonte: Elaboração Própria (2021).

Pelo novo acompanhamento, foi possível verificar que as melhorias geraram resultados consideráveis. Os defeitos foram reduzidos: eram mais de 30% antes do projeto de melhoria, depois eram menos de 0,3%. Além disso, a economia gerada através dessa melhoria foi estimada em um único mês em R\$ 86.275,00. Para o ano, essa implementação pode gerar redução de custos de aproximadamente R\$ 1.035.300,00 para a empresa.

Cabe ressaltar que o processo foi controlado a partir do projeto de melhoria implementado com métodos de controle e registros das ações propostas. Nesse sentido, após a etapa “controlar” a sequência DMAIC finalizou com a implementação do projeto.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um projeto de melhoria na produção de guarnições automotivas a sequência DMAIC da metodologia Seis Sigma para redução de defeitos pôde ser verificada. Os principais fatores que contribuíam para incidência de defeitos estavam relacionados com a contaminação do perfil, temperatura do molde e alteração dos parâmetros de processos por operadores não capacitados. Baseando-se nessas causas identificadas, foram propostas e implementadas ações de melhoria no processo de estudo, as quais envolveram o acerto e fixação do perfil de temperatura da injeção, a implementação da limpeza dos perfis antes da moldagem e a proteção com sacos plásticos para o armazenamento dos perfis no estoque intermediário do setor de extrusão, antes de entrar no processo de moldagem.

Após as ações implementadas no projeto, foi constatada significativa redução de defeitos, de mais de 30% para menos de 0,3%, com significativa redução de custos, tendo como resultado R\$ 86.275,00 em um único mês apenas no processo que

recebeu a melhoria. Desta forma, pode-se concluir que a utilização das ferramentas e técnicas para análise dos dados foram de grande utilidade, e a sequência DMAIC mostrou-se em um conjunto de etapas organizadas e eficazes a serem seguidas na implementação de um projeto de melhoria.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, E., ABREU, M. D. L., SILVA, T., CUNHA, V. **Ferramentas da Qualidade**. Universidade da Madeira. 2012. Disponível em: <http://www.mccpconsultoria.com.br/wp-content/uploads/arquivos/downloads/11-Ferramentas da Qualidade.pdf>> Acesso em: 15 de ago. 2021.

ARANTES, C. R. **Considerações sobre a sequência DMAIC em projetos Lean Seis Sigma**: uma revisão bibliográfica. Monografia Escola de Engenharia de Lorena – EEL-USP Graduação Engenharia Química. 2014. Disponível em: <<https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2014/MEQ14005.pdf>> Acesso em: 03 de ago. 2021.

ARAÚJO, D. C. **Sistema de vedação automotiva**: variação na carga de compressão apresentada na guarnição de porta malas de EPDM. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Mecânica. Centro Universitário do Sul de Minas UNIS/MG, Bacharelado em Engenharia Mecânica, Varginha, Minas Gerais. 2014. Disponível em: <<http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/1179>> Acesso em: 28 de jul. 2021.

BLAZETTO, F., CHIROLI, D. M. G., GLAVAM, R. B. **Prática da metodologia Seis Sigma para redução de perda na transferência da soja em uma unidade beneficiadora de grãos**. *Exacta*, 17(3) 35-60. Disponível em: <<https://doi.org/10.5585/ExactarEP.v17n3.8398>> Acesso em: 26 de jul. 2021.

BRAITT, B., FETTERMANN, D. D. C. **Aplicação do DMAIC para a melhoria contínua do sistema de estoque de uma empresa de informática**. Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC. Ilhéus, Bahia. 2014. Disponível em: <<file:///C:/Users/DELL/Downloads/51559-213424-1-PB.pdf>> Acesso em: 10 de ago. 2021.

COUTINHO, T. Aprenda como a Metodologia Seis Sigma impulsiona a melhoria nos resultados das empresas. In: **Artigos Voitto**. Novembro, 2020. Disponível em <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/metodologia-seis-sigma>. Acesso em janeiro de 2022.

DALE, B. G. **Managing Quality**. Oxford, UK: Blackwell Publishing. Fourth Edition, 2003.

FABRIS, C. B. **Aplicação das ferramentas da qualidade em um processo produtivo em uma indústria de ração**. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4327>> Acesso em: 21 de ago. 2021.

GOMES, M. M. **Rubber Pedia**. 2013. Disponível em: <<http://www.rubberpedia.com/borrachas/borracha-epdm.php>> Acesso em: 04 de nov. 2021.

IRINEU, B. D. P. **Moldagem de elastômeros EPDM**: otimização do tempo de cura. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Mecânica - Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas – FEPESMIG. Varginha, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/224>> Acesso em: 05 de set. 2021.

PEREIRA, K. DE C., OLIVEIRA, M. L. DE, SOUZA, F. A. DE. Levantamento das reclamações de uma indústria de autopeças por meio da aplicação do Diagrama de Pareto. In: **Revista Produção Industrial & Serviços**. Volume 4(1), 2018, 102-112. Disponível em: <[https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/rev\\_p/rod/article/view/52369](https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/rev_p/rod/article/view/52369)> Acesso em: 23 de ago. 2021.

SANTOS, V. F. R. **Aplicação da Metodologia Seis Sigma para redução de retrabalho em juntas soldadas em um processo de**

**soldagem FCAW:** Estudo de Caso. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Qualidade e Seis Sigma da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINO. São Leopoldo, 2016. Disponível em: <[http://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/5833/Vanessa%20Freitas%20Regis%20dos%20Santos\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/5833/Vanessa%20Freitas%20Regis%20dos%20Santos_.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> Acesso em: 01 de ago. 2021.

ZAMMAR, L. **Melhoria de processo em uma linha de montagem de uma indústria automobilística através da aplicação da sequência DMAIC.** Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2020. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/24091>> Acesso: 07 de set. 2021.

ZÁRATE, O.A.S. **Método de implementação de Lean Seis Sigma baseado na abordagem Toyota Kata.** Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, p. 9. 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/198372>> Acesso em: 26 de jul. 2021.