

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
LUIZ MATHEUS SILVA DE OLIVEIRA
MAYLA COSTA MIGOTTO**

**APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA PARA REDUZIR
DESPERDÍCIOS E AUMENTAR A EFETIVIDADE EM
UMA EMPRESA DE TETOS AUTOMOTIVOS**

Taubaté - SP

2018

**LUIZ MATHEUS SILVA DE OLIVEIRA
MAYLA COSTA MIGOTTO**

**APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA PARA REDUZIR
DESPERDÍCIOS E AUMENTAR A EFETIVIDADE DE
UMA EMPRESA DE TETOS AUTOMOTIVOS**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Graduação do
curso de **Engenharia de Produção**
Mecânica do Departamento de Engenharia
Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Dr. Alvaro Azevedo Cardoso

Taubaté - SP

2018

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

O482a Oliveira, Luiz Matheus Silva de
Aplicação do Lean Seis Sigma para reduzir desperdícios e aumentar a
efetividade em uma empresa de tetos automotivos / Luiz Matheus Silva de
Oliveira; Mayla Costa Migotto. -- 2018.
46 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Álvaro Azevedo Cardoso, Departamento de
Engenharia Mecânica.

1. DMAIC. 2. Desperdícios. 3. Lean Seis Sigma. 4. Tetos Automotivos.
I. Título. II. Migotto, Mayla Costa. III. Graduação em Engenharia de
Produção Mecânica.

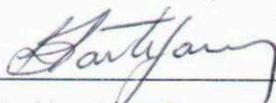
CDD – 658.5

LUIZ MATHEUS SILVA DE OLIVEIRA
MAYLA COSTA MIGOTTO

APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA PARA REDUZIR DESPERDÍCIOS E
AUMENTAR A EFETIVIDADE DE UMA EMPRESA DE TETOS AUTOMOTIVOS

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUADO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Prof. Msc. Fábio Henrique Fonseca Santejani
Coordenador de Trabalho de Graduação

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Álvaro Azevedo Cardoso
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Dr. Aluísio Pinto da Silva
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Dedicamos este trabalho à Deus por sempre olhar por nós e aos nossos pais por sempre nos apoiarem.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecemos a Deus e à Nossa Senhora pelas bênçãos concedidas.

Agradecemos aos nossos pais Líria Luciano Costa, Carlos Migotto Filho, Maria Josina da Silva e Levy Costa, que desempenharam um papel essencial na nossa vida, nos dando todo o suporte necessário.

Aos nossos irmãos Leonardo José Silva de Oliveira, Mayara de Fatima Silva e Larissa Costa Migotto pelo apoio e conselhos.

Ao nosso orientador Prof. Dr. Álvaro Azevedo Cardoso que foi de fundamental importância nessa trajetória nos dando orientações ao longo do trabalho.

Ao Prof. Dr. Alúcio Pinto da Silva por aceitar compor a banca examinadora e por fazer parte da nossa conquista. E ao professor Fábio Henrique Fonseca Santejani pela ajuda ao longo do trabalho.

RESUMO

Este trabalho de graduação tem o objetivo de propor a aplicação do Lean Seis Sigma para o aumento do índice de desempenho de processos de fabricação, reduzir os refugos e padronizar o trabalho em uma indústria de tetos automotivos. O método utilizado foi o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), e dentro de suas fases foram utilizadas ferramentas e pensamentos do Lean Manufacturing, como o Mapeamento de Fluxo de Valor, o Takt Time, o Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Yamazumi e o rearranjo do layout produtivo para criar um fluxo produtivo. O estudo estatístico de Cp e Cpk e o estudo de Efetividade das operações foram realizados para avaliar se o processo estava realmente capaz de atender os requisitos. Entre os resultados obtidos, a partir da utilização do mapeamento de fluxo de valor, foi possível uma redução de 14% para 11% das atividades que não agregam valor na operação de Injeção de Espuma, e de 15% para 2% na operação de Corte de Placas. Com a ferramenta Yamazumi e a padronização do trabalho foi possível aumentar a efetividade da operação de Injeção de 93% para 156,59%, e da operação de corte de 77% para 94,6%, conseguindo reduzir duas mão-de-obra (MOD) para a operação de injeção. O indicador de refugos interno apresentou uma redução de 0,60% para 0,28% a partir das melhorias realizadas. Os resultados apresentados foram satisfatórios, uma vez que atenderam as metas estabelecidas pela organização para redução de refugos e para evolução da efetividade MOD das operações de corte e de injeção.

Palavras-chave: Lean Seis Sigma. DMAIC. Desperdícios. Efetividade. Tetos automotivos. Ferramentas da Qualidade.

ABSTRACT

This undergraduate work aims to propose the application of Lean Six Sigma to increase the performance of manufacturing processes, to reduce waste and to standardize the work in an automotive roofing industry. The method used was the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control), with tools and thoughts of Lean Manufacturing inside their phases, such as Value Stream Mapping, Takt Time, Ishikawa Diagram, Diagram of Yamazumi and the rearrangement of the productive layout to create a flow. The statistical study of Cp and Cpk and the Effectiveness were performed to show if the process was actually able to meet the requirements. Among the results obtained, from the use of the value flow mapping, it was possible to reduce from 14% to 11% of activities that do not add value in the Foam Injection operation, and from 15% to 2% in the Cut operation of Plates. With the Yamazumi tool and the standardization of the work, it was possible to increase the effectiveness of the Injection operation from 93% to 156,59%, and from the cutting operation from 77% to 94,6%, reducing two manpower for the injection operation. The internal scrap indicator showed a reduction from 0,60% to 0,28% from the improvements made. The results presented were satisfactory once they met the targets set by the organization for the reduction of waste and for the evolution of the manpower effectiveness of cutting and injection operations.

KEYWORDS: Lean Six Sigma, DMAIC, Wastes, Effectiveness, Automotive Overheads, Quality Tools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – As bases do seis sigma.....	10
Figura 2 – Limites de tolerância	11
Figura 3 – Histograma Evolução de Refugos	27
Figura 4 – Histograma Efetividade MOD	28
Figura 5 – Diagrama de Ishikawa.....	30
Figura 6 – Análise de valor injeção de blocos	32
Figura 7 – Análise de valor corte de espuma	33
Figura 8 – Diagrama de Yamazumi (antes).....	34
Figura 9 – Análise de valor injeção de blocos	35
Figura 10 – Análise de valor corte de placas.....	35
Figura 11 – Layout produtivo final	37
Figura 12 – Diagrama de Yamazumi (depois)	38
Figura 13 – Estudo de capacidade do processo de injeção	39
Figura 14 – Estudo de capacidade do processo de corte.....	39
Figura 15 – Histograma Evolução de Refugos (depois)	41
Figura 16 – Histograma Efetividade MOD (depois)	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Visão geral dos "caminhos" do modelo dmaic de melhoria de processos e projeto/ reprojeto de processo	13
Quadro 2 - Interpretação do índice Cpk.....	16
Quadro 3 – Descrição das atividades Processo de Injeção	31
Quadro 4 – Descrição das Atividades Operação de Corte.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CP	Capacidade do Processo
CPK	Índice de Capacidade do Processo
CTQex	Características Críticas para a Qualidade Externa
CTQin	Características Críticas para a Qualidade Interna
HTE	Horas Teóricas
HTR	Horas Trabalhadas
JIT	Just in Time
LIE	Limite Inferior de Especificação
LSE	Limite Superior de Especificação
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
STP	Sistema Toyota de Produção
VSM	Value Stream Mapping

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	2
1.2	OBJETIVO	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	LEAN SEIS SIGMA	4
2.1.1	Lean Manufacturing	5
2.1.2	Seis Sigma	9
2.2	FERRAMENTAS DA QUALIDADE	16
2.2.1	Value Stream Mapping (VSM)	17
2.2.2	Levantamento do histórico	18
2.2.3	Histograma	18
2.2.4	Diagrama de causa e efeito.....	18
2.2.5	Padronização.....	19
2.2.6	Diagrama de Yamazumi.....	20
2.3	TETOS AUTOMOTIVOS.....	21
2.4	EFETIVIDADE	21
3	METODOLOGIA.....	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1	FASE DEFINIR	25
4.2	FASE MENSURAR	27
4.3	FASE ANALISAR	29
4.4	FASE MELHORAR	33
4.5	FASE CONTROLAR	38
5	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, com o aumento da competitividade, empresas de diversos setores buscam ferramentas e metodologias para aumentar a produtividade e agregar mais valor ao tempo no ambiente de trabalho, a um baixo custo. No cenário atual, fabricar um produto não é o suficiente para agradar clientes e obter resultados expressivos. Segundo Miyake *et al* (2006), melhorar processos tem sido um desafio a se enfrentar para indústrias de manufatura.

Indústrias de autopeças enfrentam grande concorrência no mercado automotivo, o qual se caracteriza com uma enorme variedade de produtos em constantes transformações e consumidores exigentes. O processo de fabricação de tetos automotivos está dentro dessa realidade, na qual é necessária uma preocupação maior com a qualidade e com a redução de custos de seus processos.

Para alcançar ganhos perceptíveis e se tornar organizações de sucesso, é viável a utilização de métodos padronizados e ferramentas projetadas para melhorar saídas e explorar oportunidades (ROTONDARO *et al*, 2006). Diante disso, surge a necessidade de reduzir desperdícios, eliminar atividades que não agregam valor ao produto/processo final e controlar a variabilidade de processos, resultados que podem ser alcançados a partir da integração do Sistema de Produção Lean Manufacturing e da metodologia Seis Sigma.

A filosofia Lean Manufacturing, conhecida como Manufatura Enxuta ou Sistema Toyota de Produção (STP), consiste na abordagem de técnicas e ferramentas de gestão que tem como foco a minimização de desperdícios, entregar mais valor ao cliente final e produzir de maneira enxuta. Já a metodologia Seis Sigma visa alinhar as necessidades da empresa com as do cliente, identificando melhorias, planejando, implementando e medindo resultados a partir de análises de capacidade. Segundo Rodrigues (2006), muitas empresas buscam utilizar a metodologia Seis Sigma para aumentar a rentabilidade da empresa e oferecer produtos com maior qualidade para seus clientes.

A utilização do Lean Manufacturing e do Seis Sigma de modo conectado permite usufruir dos pontos fortes de ambos para alcançar os resultados esperados

de maneira mais ágil e eficaz. Enquanto o Lean tem um foco em eliminar desperdícios e tornar o sistema produtivo mais rápido, o Seis Sigma traz uma abordagem estatística estruturada para eliminar fontes de variação dentro do DMAIC, principal método para abordagem da metodologia.

1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

No seguinte trabalho de graduação são analisadas duas operações principais no setor de espumação em uma empresa de tetos automotivos: Injeção de Blocos de Espuma e Corte de Placas. As duas operações são consideradas etapas iniciais no processo de fabricação de um teto automotivo, pois consistem na formação da espuma, matéria-prima utilizada no conjunto que dá formação ao teto, com influência direta na qualidade do produto final.

A operação de Injeção de Blocos de Espuma é dividida em 3 atividades principais: preparação de caixa, injeção e transporte de bloco de espuma. A etapa de preparação de caixas consiste em organizá-las para receber a matéria prima que formará o bloco de espuma após uma reação química. Quando formado, o bloco é transportado para um estoque de blocos acabados para aguardar o tempo de cura de 48 horas. Na operação de corte os blocos de espuma são cortados em placas, as quais são organizadas em um estoque intermediário, para posteriormente serem distribuídas para a linha de produção, onde são utilizadas na fabricação do teto automotivo.

A empresa analisada apresenta indicadores de efetividade e índices de refugos que não satisfazem o desempenho desejado neste setor. Os refugos internos da operação de injeção de blocos apresentam valores que variam entre 0,54% e 0,60%, enquanto que a efetividade MOD nessa operação é de 95%. Já na operação de corte de placas a efetividade apresenta o valor de 77%. Não há padronização para realização das atividades no setor o que dificulta um controle dos processos por conta da variação nos resultados atingidos. A falta de um fluxo de materiais gera movimentações desnecessárias e a realização de atividades que não agregam valor ao produto.

1.2 OBJETIVO

O tema deste trabalho é a utilização do Lean Seis Sigma para reconfigurar e melhorar o processo produtivo, produzindo melhorias, reduzindo custos e eliminando desperdícios. O objetivo geral é apresentar que o Seis Sigma permite absolver técnicas e ferramentas do pensamento Lean, demonstrando um estudo aplicado e analisando os resultados obtidos a partir desse uso.

O objetivo específico consiste em, através da aplicação da metodologia Seis Sigma (DMAIC) e de ferramentas do Sistema de Produção Lean em conjunto, reduzir o índice de refugos da operação de injeção, padronizar as atividades, criar de um fluxo de materiais, eliminar desperdícios e melhorar a efetividade do setor. O objetivo definido foi aumentar a efetividade para 95% na operação de injeção de blocos e para 90% na operação de corte de placas. Foi definido o objetivo de reduzir o índice de refugo da operação de injeção dos blocos de 0,60% para 0,30%.

Para implementação das melhorias foi utilizado o método DMAIC, e dentro de suas fases foram incorporadas ferramentas Lean Manufacturing, como o mapeamento de fluxo de valor, a busca do histórico para análise das variações dos índices de scrap nos últimos 3 anos, o rearranjo físico do setor produtivo, com uma melhor distribuição das máquinas e equipamentos de modo a otimizar a utilização do tempo e reduzir distâncias, o takt time e o Diagrama Yamazumi para balancear e padronizar as atividades de cada operador do setor, o estudo de capacidade das operações, o diagrama de Ishikawa para identificar as principais causas para os problemas, entre outras ferramentas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica tem como objetivo buscar estudos e informações relevantes sobre os tópicos abordados nesse trabalho, para fundamentar teoricamente e conceituar aspectos gerais de cada tema (GIL, 2008).

A revisão bibliográfica deste estudo traz conceitos para Lean Manufacturing, arranjo físico (layout), desperdícios, Seis Sigma, DMAIC, ferramentas da qualidade, mapeamento do fluxo de processos, levantamento do histórico, CP e CPK, diagrama de causa e efeito, padronização, diagrama yamazumi, *takt time*, tetos automotivos e efetividade. As ferramentas a serem detalhadas foram utilizadas de forma contundente no projeto de melhoria, ocasionando influências expressivas nos resultados finais e no andamento do trabalho.

2.1 LEAN SEIS SIGMA

De acordo com Miyake *et al* (2006), a globalização tornou mais agressiva e aumentou a concorrência entre as empresas, o que modificou os padrões de competição. Além de uma preocupação em oferecer um produto ou serviço com preço competitivo, a qualidade se tornou um item demandado para o sucesso da organização, assim como conseguir a confiança do seu cliente e atender a prazos estabelecidos, por exemplo. Devido a isso é perceptível uma tendência na utilização de metodologias e técnicas de gestão para sobreviver e se manter competitiva, como por exemplo, o Seis Sigma e o Lean Manufacturing, os quais são acopláveis e permitem serem utilizadas de modo conectado.

Segundo Macedo (2017), o Seis Sigma tem seu foco voltado a reduzir a variabilidade de processos, o que permite que o processo seja mais eficaz e consiga atender as exigências dos clientes, e a abordagem de técnicas Lean tem como foco reduzir desperdícios e tornar o processo de produção mais ágil, melhorando o fluxo de trabalho.

Enquanto que, o pensamento Seis Sigma é voltado para a aplicação de métodos, medição e análise de problemas, o modelo de produção Lean tem ênfase na resolução prática dos problemas, utilizando técnicas e procedimentos para tornar o processo produtivo mais competitivo. O Seis Sigma permite absolver técnicas Lean para reconfigurar o processo produtivo e melhorar aquilo que foi levantado a partir da sua abordagem inicial (MIYAKE *et al*, 2006).

Com a integração entre o Lean Manufacturing e o Seis Sigma, a empresa pode aproveitar os pontos fortes de ambos, de maneira que cada um se complementa para solucionar os problemas enfrentados pela organização. Juntos, o Lean e o Seis Sigma são mais abrangentes e eficazes para melhoria de processos. O Lean Manufacturing atua na eliminação do que não agrega valor para o cliente e na redução do tempo de produção, enquanto que o Seis Sigma permite reduzir custos e melhorar a qualidade a partir de um método estruturado embasado em fundamentos estatísticos (WERKEMA, 2012).

2.1.1 Lean Manufacturing

O Lean Manufacturing, ou Sistema Toyota de Produção como também é denominado, é um sistema de produção enxuta que foi desenvolvido na década de 1950 pela indústria automobilística Toyota Motor Co. no Japão pelo então executivo Taiichi Ohno (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004).

Lean Manufacturing é uma filosofia de gestão com foco em eliminar desperdícios e eliminar problemas sistematicamente (LEAN INSTITUTE, 2018).

Segundo Werkema (2012), o Lean permite eliminar em um processo aquilo que não agrega valor para o cliente e tornar o processo mais rápido, produzindo de maneira enxuta, ou seja, produzir mais com menos recursos e tempo. De acordo com Liker (2002), um pensamento voltado para processos contínuos de agregação de valor, um sistema que parta da demanda e uma cultura voltada para melhoria são os meios para produzir dentro do pensamento Lean.

A aplicação do Sistema de Produção Lean não é restringida somente a empresas do setor automobilístico, podendo ser realizada em empresas de diversos setores. Esse sistema de produção busca entregar o produto necessário, na quantidade necessária e no momento necessário, ou seja, produzir a partir da demanda. Esse é o conceito de *Just In Time* (JIT), um dos principais pilares do Lean (MIYAKE *et al*, 2006).

Segundo Slack *et al* (1997), o JIT é definido como um método que auxilia o planejamento e controle de operações, incorporando redução de estoque, manufatura enxuta, tempos produtivos reduzidos, arranjo físico orientado para um fluxo de materiais, dados e pessoas, redução de desperdícios do processo, entre outros.

Ritzman e Krajewski (2004) definem que, para produzir de maneira enxuta, são necessários aperfeiçoamentos constantes buscando reduzir perdas e desperdícios. Um sistema enxuto “agrupa” estratégia de operações, processos, qualidade, arranjo físico, estoque, recursos, entre outros, para tornar os processos eficientes.

2.1.1.1 Arranjo físico (layout)

Layout é uma palavra em inglês, que traduzida para o português pode significar “esboço” ou “desenho”. Um layout produtivo consiste na maneira como os equipamentos, moveis e estrutura de uma empresa se encontra para realizar as operações (OLIVEIRA NETTO; TAVARES, 2006).

Para Miyake *et al* (2006), buscar condições para reduzir distâncias e movimentações desnecessárias é essencial para aumentar a produtividade de um sistema de produção. Os autores citam o Gráfico de Espaguete como uma ferramenta que pode ser usada para planejar modificações em um arranjo físico de uma área produtiva, a qual consiste em observar os fluxos produtivos e desenhar em cima da planta da instalação da área industrial o percurso de cada material e pessoa envolvida para a realização das atividades do processo. A partir disso, é possível

analisar quais devem ser as alterações necessárias no layout para reduzir tempo e movimentação.

Segundo Slack *et al* (1997), reduzir espaços desnecessários entre os postos de trabalho reduz a necessidade de geração de estoques, deixa o fluxo mais visível e permite uma melhor movimentação, sendo que percursos longos para realização de um processo agregam mais valor ao produto, além de aumentar o tempo para o traspasse do produto para as próximas etapas.

O layout influencia a empresa em vários aspectos, como: espaço utilizado, mão-de-obra, manuseio e movimentação de transporte, riscos de acidentes, comodidade e conveniência para os funcionários e/ou clientes, economia para a empresa (como pontos de comunicação, energia elétrica, entre outras) e flexibilidade na produção (OLIVEIRA NETTO; TAVARES, 2006, p. 78).

2.1.1.2 Desperdícios

Segundo Slack *et al* (1997), desperdício é tudo aquilo que o cliente não está disposto a pagar, podendo ser definido como atividades que não agregam valor ao produto ou processo final. Dentro do Sistema de Produção Lean, são identificados 7 tipos de desperdícios em um processo produtivo:

- a) Transporte: contempla o transporte indesejável e acima do necessário de materiais dentro da fábrica e movimentação entre diferentes pontos de estocagem.
- b) Superprodução ou Produção em Excesso: está ligado em produzir mais do que o cliente precisa, ou seja, produzir mais que o necessário.
- c) Movimentação: são as movimentações que não tenham propósito de agregar valor. Esse desperdício pode ser causado por departamentos dispersos no layout e o operador não ter ao seu alcance o que precisa para executar determinada ação, por exemplo.

- d) Tempo de espera: Paradas para reparos em máquinas, ociosidade de funcionários, espera entre uma operação e outra, tempo para produção de estoque, espera por peças, entre outros.
- e) Estoque: Todo estoque deve ser eliminado, a partir da eliminação inicial de suas causas.
- f) Superprocessamento: Processos extras na produção de um produto/serviço, ou seja, atividades executadas que não agregam valor ao produto/serviço.
- g) Defeitos: é um desperdício de qualidade, podendo ser demonstrado por indicadores de refugos, por exemplo. Está ligado a consertos em geral e processos de retrabalho de peças para garantir a qualidade.

Coutinho (2017a), cita também um oitavo desperdício do Lean, o desperdício intelectual, ligado a não utilizar adequadamente a capacidade do capital humano com atividades. Segundo o autor, os 8 desperdícios do Lean Manufacturing geram custos a mais para as organizações refletindo em resultados negativos.

Cabe a empresa identificar quais são as necessidades de seus clientes, pois são eles quem devem definir o que é valor para o produto/ serviço oferecido. As atividades de uma empresa podem ser divididas em: atividades que agregam valor, as quais o cliente consegue enxergar adicionando valor ao produto e está disposto a pagar, atividades que não agregam valor, ou seja os desperdícios que devem ser eliminados, e atividades que não agregam valor mas necessárias, caracterizada pelas atividades que o cliente não está inclinado a pagar por elas, mas são indispensáveis para o processo (CARVALHO, 2017).

2.1.1.3 Takt Time

O Termo *Takt Time* é utilizado como base para o balanceamento das operações de produção permitindo que a produção consiga obter a sincronia entre seus processos produtivos. Dentro do pensamento Lean, após definir o volume da

taxa de transferência, os processos de manufatura devem ser divididos em quantidades iguais de trabalho, nas quais todas as operações para realização de uma atividade são divididas entre durações equivalentes, mesmo que tenham diferentes ciclos. Quando balanceado nenhum processo individual tem maior capacidade de produção que outro. Essa nivelção é essencial dentro da filosofia do Lean Manufacturing (LEE; SNYDER, 2007).

Baudin (2002) demonstra que para calcular matematicamente o *takt time* é necessário dividir o tempo disponível líquido para a produção pelo número da demanda, conforme Fórmula 1. Com o resultado é possível definir quantas peças uma empresa é capaz de produzir por uma razão de tempo e se há possibilidades no aumento da demanda.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo Disponível Líquido para a Produção}}{\text{Demanda}} \quad (1)$$

2.1.2 Seis Sigma

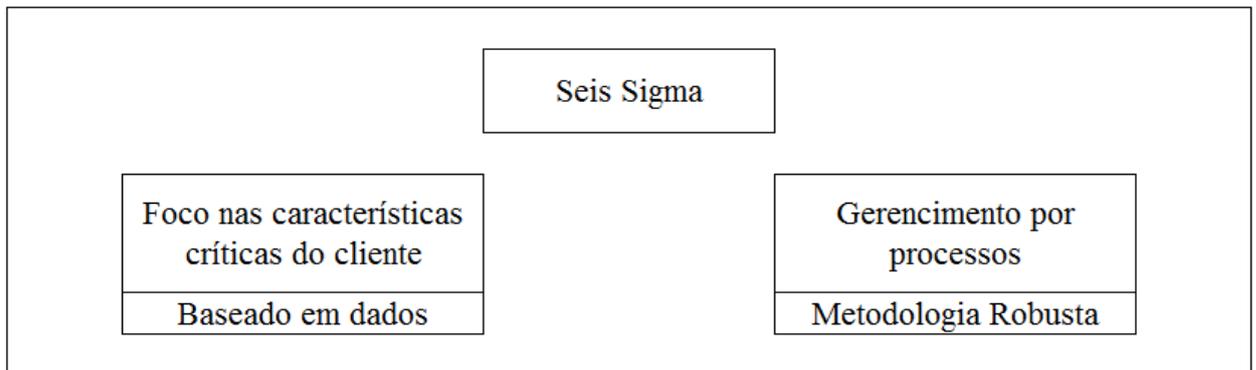
A metodologia Seis Sigma é um sistema de gestão com objetivo de reduzir custos, otimizar produtos e aumentar a satisfação dos clientes baseando-se em dados (GONSALVES, 2017).

A origem da metodologia se dá em 1987, quando o então engenheiro da Motorola Bil Smith apresentou a Metodologia Seis Sigma ao correlacionar as falhas de processos ocorridas com a distância de desvios padrão a um determinado valor central. Após alguns anos, em 1994, Jack Welch, o presidente da fábrica GE no momento, se pronunciou afirmando os benefícios relacionados com a qualidade e rentabilidade com a utilização da metodologia. Atualmente a metodologia Seis Sigma é buscada por muitas empresas para aumentar a qualidade e garantir o sucesso da organização (RODRIGUES, 2006).

Para Pande, Neuman e Cavanagh (2007), um dos benefícios do Seis Sigma para uma organização é fazer com que todos os colaboradores trabalhem na mesma direção para alcançar uma meta de desempenho de 99,9997 % de perfeição.

Segundo Rotondaro *et al* (2006), o Seis Sigma utiliza ferramentas para definir possíveis melhorias a se realizar, medir e priorizar as situações a melhorar a partir dos requisitos do cliente, analisar os dados coletados, implementar melhorias para cada causa raiz verificada, e controlar os resultados, mensurando e garantindo que eles se mantenham. Para seguir esse pensamento, a maioria dos projetos Seis Sigma utiliza o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) na sua implementação. O autor cita que o modelo Seis Sigma está apoiado em quatro colunas principais, conforme Figura 1.

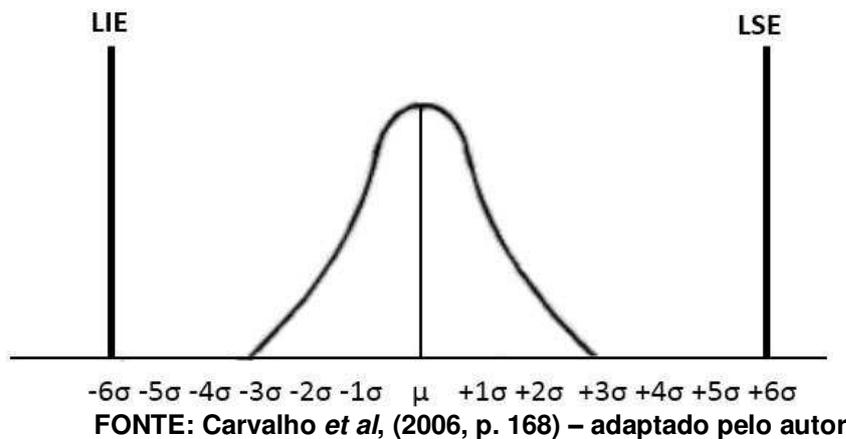
Figura 1 – As bases do seis sigma



FONTE: Rotondaro *et al* (2006)

O primeiro passo para o Seis Sigma, é definir o que o seu cliente exige, e a partir disso criar medidas de desempenho e definir melhorias a serem realizadas (PANDE; NEUMAN E CAVANAGH, 2007). Carvalho *et al* (2006) considera que, para o Seis Sigma, um processo é considerado capaz quando a sua média está à distância de seis desvio-padrão dos limites de especificação, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Limites de tolerância



O limite superior de especificação (LSE) e o limite inferior de especificação (LIE) do processo representam os limites para aceitação do processo, ou seja, são os valores máximo e mínimo aceitáveis para uma variação dos dados. Esses limites são obtidos com a tradução dos requisitos do cliente em forma de especificações (RODRIGUES, 2006).

No modelo Seis Sigma, a letra minúscula “sigma” do alfabeto grego – σ – indica a variabilidade do processo analisado (CARVALHO *et al*, 2006). Para Rotondaro *et al* (2006), o sigma mede a capacidade da ocorrência desse processo sem nenhuma falha ou defeito.

Rodrigues (2006) define variabilidade como a oscilação de dados utilizando como referência uma média, ou seja, a variabilidade de um processo é considerada alta se os dados não se concentrarem próximos da média, assim como a variabilidade será baixa com uma concentração de dados próximos da média.

Variações em um processo geram custos, defeitos e uma má utilização do tempo, devendo ser encaradas como um problema a ser reduzido ou eliminado (ROTONDARO *et al*, 2006).

“Quanto maior o nível sigma de um processo, menor é a probabilidade desse processo gerar defeitos.” (CARVALHO *et al*, 2006, p.171)

Sob uma perspectiva de reduzir a variabilidade de processos, o controle estatístico e o estudo dos índices de capacidade são necessários para a abordagem Seis Sigma, sendo a primeira voltada para conhecer a estabilidade do processo, e a segunda para realizar previsões sobre o seu comportamento no futuro, afim de verificar se o processo é capaz de atender aos requisitos dos clientes (CARVALHO *et al*, 2006).

Concluindo, a metodologia Seis Sigma apresenta uma filosofia de gestão, agindo de forma sistêmica abrangendo todos os setores e operações da organização. O objetivo do Seis Sigma é agregar valor ao processo para atender às expectativas do cliente e reduzir os custos do processo. Operacionalmente, para aplicação da metodologia são utilizadas ferramentas, técnicas e análises estatísticas com dados retirados dos processos, as quais devem suportar as decisões da empresa (RODRIGUES, 2006).

2.1.2.1 DMAIC

Conforme Pande, Neuman e Cavanagh (2007), o método DMAIC, principal método seguido pelos procedimentos Seis Sigma, é baseado no conceito do ciclo PDCA, do inglês *Plan, Do, Check e Act*, traduzido para o português como Planejar, Executar, Verificar e Corrigir. O DMAIC é usado como estratégia de melhoria, e é composto por 5 fases: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, do inglês *Define, Analyse, Improve e Control*. Na Tabela 1 são apresentadas dentro das 5 fases as principais ações a serem realizadas para alcançar o sucesso em um projeto.

Quadro 1 - Visão geral dos "caminhos" do modelo dmaic de melhoria de processos e projeto/reprojeto de processo

Processos de Melhoria Seis Sigma		
	Melhoria de Processo	Projeto/Reprojeto de Processo
1. Defina	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identifique o problema ✓ Defina Requisitos ✓ Estabeleça meta 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identifique problemas específicos ou amplos ✓ Defina objetivo/Mude a visão ✓ Esclareça o escopo e as exigências do cliente
2. Meça	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Valide problema/processo ✓ Redefina problema/objetivo ✓ Meça passos-chave/entradas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Meça desempenho em relação às exigências ✓ Colete dados sobre eficiência do projeto
3. Analise	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desenvolva hipóteses causais ✓ Identifique causas-raiz "poucas e vitais" ✓ Valide hipóteses 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identifique "melhores práticas" ✓ Avalie projeto do processo <ul style="list-style-type: none"> ◆ Com/sem valor agregado ◆ Gargalo de processo/desconexões ◆ Caminhos alternativos ✓ Redefina exigências
4. Melhore	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desenvolva ideias para remover causas-raiz ✓ Teste soluções ✓ Padronize solução/meça resultados 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Projete novo processo <ul style="list-style-type: none"> ◆ Desafie suposições ◆ Aplique criatividade ◆ Princípios de fluxo de trabalho ✓ Implemente novos processos
5. Controle	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estabeleça medidas-padrão para manter desempenho ✓ Corrija problema quando necessário 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estabeleça medidas e revisões para manter desempenho ✓ Corrija problema quando necessário

FONTE: Pande, Neuman e Cavanagh, (2007, p.41) – adaptado pelos autores

O início de um projeto Seis Sigma pode ser incentivado por alguma oportunidade ou por uma exigência do seu cliente, e cabe a organização definir o que é considerado crítico para a qualidade a partir da demanda do seu mercado (PMBOOK, 2000 apud CARVALHO *et al*, 2006). Segundo Rodrigues (2006), na fase "D" é quando ocorre a seleção de processos, para definir quais são os processos críticos para a organização.

Na fase Medir, as causas potenciais são levantadas e analisadas de maneira quantitativa, com base estatística, ou qualitativa, de modo a avaliar qual causa é mais impactante e tem maior participação nos resultados (BRAGA, 2017). Na fase “M” deve ser medido o desempenho do processo e identificado os problemas e a intensidade dos mesmos, ou seja, é realizada a análise das causas que tem mais impacto e geram mais variabilidade no processo (RODRIGUES, 2006).

Na fase “A”, é realizada a análise de desempenho e de causa dos problemas encontrados (RODRIGUES, 2006), para na fase Melhoria, serem aplicadas as melhorias designadas nas causas dos problemas identificados (SILVEIRA, 2018).

Em “I” serão identificadas uma solução para cada causa raiz levantada na fase “A”, de modo a testar e executar as soluções (BRAGA, 2017). Segundo Rodrigues (2006), nessa fase o processo é efetivamente melhorado a partir da eliminação do problema.

Na última fase, a fase de Controle, as melhorias são avaliadas para verificar se realmente alcançaram o que era esperado e se estão sendo mantidas (SILVEIRA, 2018). Nesta etapa “C” é importante utilizar formas que mantenham a padronização daquilo que foi implantado, como treinamentos e a criação de documentos que registrem e auxiliem na padronização dos procedimentos da empresa, por exemplo (BRAGA, 2017).

2.1.2.2 Índices de capacidade do processo: CP E CPK

Segundo Carvalho *et al* (2006) o estudo de capacidade do processo verifica se um processo com parâmetros conhecidos é capaz de produzir de maneira que atenda aos requisitos determinados pelos seus clientes.

De acordo com Rodrigues (2006), a Capacidade do Processo (Cp), ou Capabilidade do Processo como alguns autores podem preferir, é utilizada para avaliar se o processo está apto para atender a exigências a ele submetidas e para indicar se o processo é capaz a partir de resultados apresentados dentro dos limites

de especificação. O valor de Cp é dado a partir de uma relação entre um valor fixo determinado e a variabilidade de um processo considerado estável. Enquanto que o Índice de Capacidade do Processo (Cpk) considera a descentralização da média calculada em relação ao valor pré-estabelecido como meta para medir a capacidade do processo.

Para Ritzman e Krajewski (2004), um processo capaz considerando o Cp, é aquele que apresenta valores distribuídos dentro dos limites de especificação superior e inferior para o projeto, ou seja, é alcançado com a razão da faixa de especificação e a variação “natural” do processo, não considerando as causas especiais. Já considerando o Cpk, um processo será capaz se a distribuição dos valores for centrada em um valor nominal das especificações do projeto, medindo o potencial dos dados. Se a média do processo estiver distante dos limites de tolerância, o processo apresentará poucas chances de gerar produtos com defeitos.

Assim, o Cp fundamenta a distribuição do procedimento em correlação às margens de especificação (HELMAN; ANDERY, 1995 apud EXLER; DE LIMA; NUNES, 2013, p. 103). Cabe ao índice Cpk determinar se a média do processo está centrada em relação aos limites de especificação superior ou inferior, detalhando para qual lado tende o processo (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001 apud EXLER; DE LIMA; NUNES, 2013, p.103).

Conforme Ritzman e Krajewski (2004), a faixa de tolerância de um processo precisa ser maior que 6 desvios-padrão para que o processo seja considerado capaz. Para isso, o valor de Cpk precisa ser maior do que 2,0 e é determinado com a Fórmula 2, na qual σ é o desvio-padrão da variabilidade do processo.

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (2)$$

Carvalho *et al* (2006) cita a Fórmula 3 para calcular o índice Cpk, com uma distribuição normal de dados, considerando μ como a média do processo e σ como o desvio-padrão do processo.

$$Cpk = \min \left[\frac{LSE - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right] \quad (3)$$

O Quadro 2 mostra a correlação do Cp e do Cpk com a interpretação dos valores correlacionando com a capacidade do processo.

Quadro 2 - Interpretação do índice Cpk

Cpk	Interpretação	Ações
$Cpk \geq 2$	Processo Excelente	Perfeito Controle
$1,33 \leq Cpk \leq 2,0$	Processo Capaz	Necessário Monitoramento para evitar Deterioração
$1,0 \leq Cpk \leq 1,3$	Processo Relativamente Incapaz	Exige Controle Contínuo
$0 \leq Cpk \leq 1$	Processo Incapaz	Exige Controle 100% da Produção
$Cpk \leq 0$	Processo Totalmente Incapaz	

FONTE: Vieira (1999) – adaptado pelos autores

2.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

O significado de qualidade pode variar, porém em um sentido amplo pode ser definido como atender às expectativas dos clientes (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004).

Os programas e ferramentas da qualidade são utilizados para o desenvolvimento, medição, análise e melhoria da qualidade nas organizações (BAMFORD; GREATBANKS, 2005; ALSALEH, 2007 apud OLIVEIRA *et al*, 2010).

Além de permitir que a organização satisfaça seus clientes externos, ela também tem um grande papel no aumento da confiabilidade e na redução de custos, uma vez que quantos menos erros e falhas ocorrem em um processo, menos tempo será desperdiçado para a realização de correções, o que conseqüentemente aumenta os lucros da organização (SLACK *et al*, 1997).

Segundo Ritzman e Krajewski (2004), ferramentas da qualidade podem ser utilizadas para organizar e expor dados de modo a determinar processos que permitam ações para melhoria da qualidade e de desempenho, assim como a intensidade da ação como as ferramentas de mapeamento de processo, diagramas de causa e efeito e gráficos de controle, por exemplo.

2.2.1 Value Stream Mapping (VSM)

Traduzido para o português como mapeamento do fluxo de valor, consiste no mapeamento das atividades de um determinado processo, expressando graficamente os fluxos de materiais, pessoas e informações por meio de formas simbólicas, com intuito de identificar situações específicas. A aplicação do VSM permite melhorar a gestão por meio da identificação de necessidades, ou seja, processos que não atinjam os resultados esperados ou que apresentem perdas por desperdícios, por exemplo, com o objetivo de alcançar o mais próximo do ideal para a organização com base no planejamento (HOINASKI, 2014).

Representar um mapa do processo é apresentar parâmetros e informações operacionais e administrativas referentes à entradas, processamento e saídas, permitindo conhecer, definir, analisar e otimizar processos (RODRIGUES, 2006). O VSM deriva da filosofia Lean Manufacturing, e é uma das principais ferramentas para realizar melhorias dentro do sistema de gestão Lean Seis Sigma (COUTINHO, 2017b).

Segundo Rother e Shook (1999 apud WASTOWSKI, 2001), o mapeamento de uma cadeia de valor é uma ferramenta que pode ser realizada a partir do esboço das variadas operações nos fluxos de materiais e de informações, obedecendo o caminho da produção de um grupo de produtos, dos consumidores até os fornecedores. Os autores concluem que a técnica VSM deve ser empregada na busca de aperfeiçoamentos ordenados e consistentes que eliminem desperdícios e as suas causas-raiz.

2.2.2 Levantamento do histórico

Segundo Carvalho *et al* (2006), é importante analisar informações históricas referentes à dados monitorados ao longo do tempo das características críticas para a qualidade externa (CTQex) e das características críticas para a qualidade interna (CTQin) para auxiliar na seleção do tema do projeto Seis Sigma. A avaliação de projetos já realizados também pode ser uma importante fonte de informações, possibilitando a análise de resultados atingidos, fornecedores utilizados, ferramentas aplicadas, entre outras. Uma ferramenta que pode ser utilizada para o levantamento do histórico é um histograma.

2.2.3 Histograma

Metodologia utilizada para localização de anomalias e modificações na regularidade em um processo de produção. Uma das principais ferramentas para utilização do método é o conhecido Histograma (COUTINHO, 2017).

“O histograma tem como objetivo facilitar, através do agrupamento de dados, a medição e visualização da variabilidade de dados em um determinado evento. O número de grupos pode ser definido pela raiz quadrada do número de dados.” (RODRIGUES, 2006, p.45).

Segundo Morossini (2016), o histograma pode ser utilizado para o levantamento do histórico de determinado processo ou operação pois ele mostra graficamente a frequência em que cada valor medido ocorre.

2.2.4 Diagrama de causa e efeito

Técnica que tem por objetivo encontrar a causa raiz de um problema para desenvolvimento de planos de ações na resolução do mesmo. O Diagrama foi inicialmente proposto no ano de 1943, pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa (1915-1989), e aperfeiçoado nos anos seguintes. Também ficou conhecido como

diagrama de espinha de peixe, diagrama de causa-efeito ou 6M (MIGUEL, 2006 apud FORNARI JUNIOR, 2010, p. 107).

A metodologia, de acordo com Miguel (2006 apud FORNARI JUNIOR, 2010, p. 107), consiste em representar fatores de influência (causas) sobre um determinado problema graficamente. O Diagrama de Ishikawa pode ser elaborado seguindo os seguintes passos: determinação do problema a ser estudado (identificação do efeito); relato sobre possíveis causas e seu registro; construção do diagrama agrupando as causas em “6M” (mão-de-obra, máquina, método, matéria-prima, medidas e meio ambiente); análise do diagrama, a fim de identificar as causas verdadeiras; e por último, correção do problema.

A justificativa para o uso disseminado do diagrama de Ishikawa é que permite estruturar hierarquicamente, de forma gráfica e sintética, as fontes de determinada incerteza que influem sobre a qualidade dos resultados, o que proporcionaria melhor visualização (SILVA, 2008, p. 2).

2.2.5 Padronização

De acordo com Silva, Duarte e Oliveira (2004 apud TEIXEIRA *et al*, 2013, p. 3), a padronização, método essencial para planejamento, execução e controle de processos produtivos, tem como finalidade permitir que a empresa ofereça de maneira sistemática produtos e/ ou serviços com características constantes, ou seja, com o mesmo padrão de qualidade, forma de atendimento, prazo e custo aos clientes. Segundo Cantidio (2012 apud FREITAS; GUARESCHI, 2012, p. 60), o objetivo da padronização é obter os melhores resultados na execução de uma determinada atividade, deste modo quando se padroniza um processo reduzem-se efetivamente os desperdícios do mesmo.

É importante registrar como os processos em cada etapa de fabricação devem ser realizados, pois isso permite avaliar quais atividades geram perdas e quais não agregam valor ao produto, para poder eliminá-las. Para este fim devem ser criadas instruções de trabalho, documentos que devem conter cada

equipamento e ferramentas necessários, assim como informações relevantes para a utilização destes, cada ação a ser realizada, a sequência destas e o tempo para a realização do processo, auxiliando para que a padronização de mantenha (CANTIDIO, 2009).

2.2.6 Diagrama de Yamazumi

Conceito difundido no oriente asiático traduzido como "empilhar". O Diagrama Yamazumi foi uma das fundamentais metodologias aplicadas para o avanço manufatureiro no Japão, relacionando-se ao progresso da Manufatura Enxuta. De acordo com Gomes *et al* (2008 apud MELO; ANDRADE; BRITO, 2016, p. 5), o Diagrama Yamazumi é uma reprodução gráfica da separação das operações que determinado operador deve fazer dentro de um período.

As atividades são empilhadas visando descrever todo o tempo de ciclo. Um eixo do gráfico representa tempo, podendo ser esse em minutos ou segundos. O outro eixo representa o número de operadores ou postos dispostos na linha. Cada bloco de atividade de cada operador descreve atividades que agregam valor, que são representadas na cor verde. Atividades que não agregam valor, as desnecessárias, são representadas na cor vermelha. As necessárias são apresentadas na cor amarela (GOMES *et al*, 2008 apud MELO; ANDRADE; BRITO, 2016, p. 5).

Segundo Marchwinski, Shook e Schroeder (2008), o Diagrama Yamazumi é um método auxiliar na elaboração de um curso contínuo operacional.

Trata-se de um gráfico de barras verticais em que cada coluna representa um operador onde são empilhadas pequenas barras que representam movimentos. A altura total da barra de cada operador representa o tempo de ciclo da atividade. O Diagrama Yamazumi permite identificar tarefas desnecessárias durante um ciclo. Balanceando e distribuindo as atividades para cada funcionário do processo, de forma que o tempo *takt* de cada operação seja equivalente entre si (GOMES *et al*, 2008 apud MELO; ANDRADE; BRITO, 2016, p. 5).

2.3 TETOS AUTOMOTIVOS

A produção de tetos automotivos acontece a partir da utilização e união de diversos materiais na sua montagem, como a fibra de vidro, espuma, revestimentos e tecido, que na maioria das vezes não são tão robustos quanto dos bancos automotivos (SILVA, 2014).

Os revestimentos automotivos são componentes fundamentais para os interiores dos automóveis, sendo em grande parte os responsáveis pelo padrão estético e confortos alcançados por estes, de forma que hoje existem opções que atendem diferentes gostos e públicos (JB REVESTIMENTOS, 2017).

Atualmente, os revestimentos de tetos automotivos tendem a apresentar uma variedade de opções para adernar os automóveis. Além do procedimento direto das indústrias, empresas de tecidos oferecem serviços para estampar o interior do carro, sendo primordial para a harmonia e satisfação dos consumidores (JB REVESTIMENTOS, 2017).

Um dos principais materiais para a produção de tetos automotivos é a fibra de vidro, material utilizado para revestimento em cara vista e cara não vista das placas de espuma, oferecendo maior resistência e qualidade na produção (CARVALHO; CAVALCANTI, 2006). Outros importantes componentes ao processo são o isocianato e o polioliol, materiais responsáveis pela formação de espuma nos blocos na etapa inicial de produção. Para a fabricação da espuma que compõe o teto automotivo é necessário o uso de catalisadores, agentes de expansão auxiliares e surfactantes (ZECK, 2004).

Os agentes de ligação cruzada, apresentam a funcionalidade maior ou igual a três. Formadores de ligações cruzadas são usados para aumentar o número de ligações covalentes em poliuretanos rígidos como as espumas rígidas e também nas semi-rígidas (ZECK, 2004, p. 11).

2.4 EFETIVIDADE

Segundo Rodrigues (2006), os indicadores de desempenho de uma organização podem ser classificados como eficiente, eficaz e efetivo, sendo uma medida para definir, quantificar e monitorar as ações.

Efetividade consiste em fazer aquilo que precisa ser feito, utilizando os recursos disponíveis e com a capacidade de atingir os objetivos, ou seja, ser eficaz e eficiente em uma mesma situação (STEINMETZ, 2010).

Os indicadores de efetividade em uma indústria correspondem à união entre eficácia e eficiência, sendo eficácia a relação entre os resultados pretendidos e obtidos, e eficiência entre os resultados obtidos e os recursos (VEYRAT, 2015).

Segundo a ISO 9000:2005, eficácia é definida como “extensão na qual as atividades planejadas são realizadas e os resultados planejados, alcançados”, e eficiência é definida como “relação entre o resultado alcançado e os recursos utilizados” (ABNT NBR ISO 9000:2015, 2015, p.16). Segundo Chiavenato (1994, p.70, apud CASTRO, 2006, p.3), “eficácia é uma medida normativa do alcance dos resultados, enquanto eficiência é uma medida normativa da utilização dos recursos nesse processo”.

Enquanto eficiência tem foco na relação custo/benefício e nos métodos utilizados para o alcance dos resultados, efetividade se concentra na qualidade do resultado, demonstrando se o objetivo atingido realmente trouxe melhorias (TORRES, 2004 apud CASTRO, 2006, p.5).

3 METODOLOGIA

Segundo Gil (2008), a pesquisa exploratória tem como finalidade esclarecer o tema abordado, podendo utilizar por exemplo um levantamento bibliográfico. Neste contexto, a pesquisa exploratória pode assumir a forma de um estudo de caso, o qual consiste na investigação de um problema e suas causas a partir de uma análise realizada pelos seus envolvidos.

Após a definição do tema, utilizando como base a aplicação do Lean Seis Sigma para alcançar melhorias em uma empresa de fabricação de tetos automotivos, foi iniciada a fase de pesquisa bibliográfica para conceituar os temas abordados, de modo a enriquecer o conteúdo do trabalho. Foram utilizados livros, sites, e trabalhos já elaborados sobre o tema para extração das informações.

A observação da aplicação do Lean Seis Sigma na prática foi determinante para a realização do trabalho, sendo executado o acompanhamento dos dados iniciais obtidos, das etapas para a realização das melhorias e dos resultados finais alcançados, assim como métodos para mantê-los.

A partir de análises, foi definido o objetivo de reduzir o indicador de refugo e aumentar o índice de desempenho de efetividade das operações de corte e de injeção de blocos a partir do Lean Seis Sigma, uma vez que estes indicadores apresentavam resultados insatisfatórios para as metas da organização.

Para a implementação do Seis Sigma foi utilizado o método DMAIC, incorporando ferramentas Lean dentro de suas etapas, de modo a reduzir desperdícios, padronizar as atividades, criar um fluxo de materiais e alcançar os resultados determinados. Nesse contexto, o processo de melhoria foi realizado em 5 fases: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

Para iniciar o programa Seis Sigma é importante compreender as necessidades e expectativas do cliente externo, para identificar as características críticas para qualidade que oferecem impacto no negócio (CARVALHO *et al*, 2006). Na fase Definir do DMAIC, foi utilizado o mapeamento de processos para verificar o

estado atual dos processos e a busca do histórico das atividades produtivas nos últimos 3 anos.

Na fase Medir, foi realizado o estudo da efetividade MOD das operações para avaliar o desempenho, e na fase Analisar, com a utilização do Diagrama de Ishikawa, foi realizada a análise de causa raiz que mais impactavam para os baixos índices.

Na fase de Melhoria foi realizada a padronização das atividades a partir do Diagrama de Yamazumi, utilizando como base o Takt Time para alinhar o tempo necessário para atender a demanda. Para garantir a padronização fase foram elaboradas documentações técnicas de procedimentos produtivos, como instruções do posto de trabalho e instruções para inspeção de qualidade. Nesta fase, ocorreu também a alteração do layout produtivo, para maximizar o tempo e eliminar atividades que não agregam valor ao processo que podem ser eliminadas.

Na última fase, para verificar os resultados obtidos, foi realizada a análise da capacidade final (C_p e C_{pk}) validando a melhoria obtida. Com a utilização de um histograma, os valores para efetividade e refugos foram analisados ao longo do tempo, comprovando se o processo se manteve sob controle após as melhorias realizadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo de reduzir refugos, aumentar o índice de desempenho de efetividade das operações de corte e de injeção de blocos, criar um fluxo de materiais e padronizar o trabalho, a equipe utilizou técnicas e ferramentas do pensamento Lean Manufacturing e a abordagem da metodologia Seis Sigma em conjunto. O Lean Seis Sigma proporciona resultados de maneira mais rápida e eficaz, uma vez que permite que os benefícios de ambos sejam aproveitados de maneira integrada, agindo de modo mais abrangente.

Enquanto o Lean teve uma aplicação prática na resolução de problemas, eliminando desperdícios e agilizando o processo produtivo, o Seis Sigma foi aplicado para realizar medição e análise dos problemas, e com dados retirados dos processos, permitiu a realização de análises estatísticas para suportar as decisões da empresa.

A metodologia Seis Sigma foi implementada pelo DMAIC, de modo que ferramentas do pensamento Lean foram incorporadas dentro de suas etapas. O Seis Sigma teve uma abordagem estatística para verificar se o processo realmente é capaz de atender as exigências dos clientes e realizar uma predição sobre o seu comportamento.

As etapas para alcançar os resultados aconteceram dentro das 5 fases do DMAIC: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

4.1 FASE DEFINIR

Segundo Rotondaro *et al* (2006), a primeira etapa da metodologia Seis Sigma é voltada para definir o impacto negativo de um processo, ou seja, aquele no qual a empresa deve focar seus esforços para melhorá-lo ou eliminá-lo, buscando atender as especificações de seus clientes. Na fase Definir do DMAIC, foi utilizada a

ferramenta de mapeamento de processos para verificar o fluxo do processo pelo qual um teto automotivo passa e encontrar oportunidades de melhorias.

Dentro dessa ferramenta, todas as atividades realizadas pelos operadores do setor de espumação foram listadas em forma de fluxo. As operações de fabricação de espuma são as etapas iniciais no processo de fabricação de um teto automotivo, pois as placas de espuma fazem parte do conjunto de materiais, junto com a fibra de vidro, o revestimento da cara não vista e o tecido da cara vista do teto, os quais que resultam na formação do teto automotivo para revestimento interno do veículo.

Com o mapeamento de processo foi possível identificar pontos a melhorar no setor de espumação, como a falta de padronização, desperdícios dentro do processo, oportunidades para redução de tempo para realização de determinadas atividades, entre outras melhorias no setor.

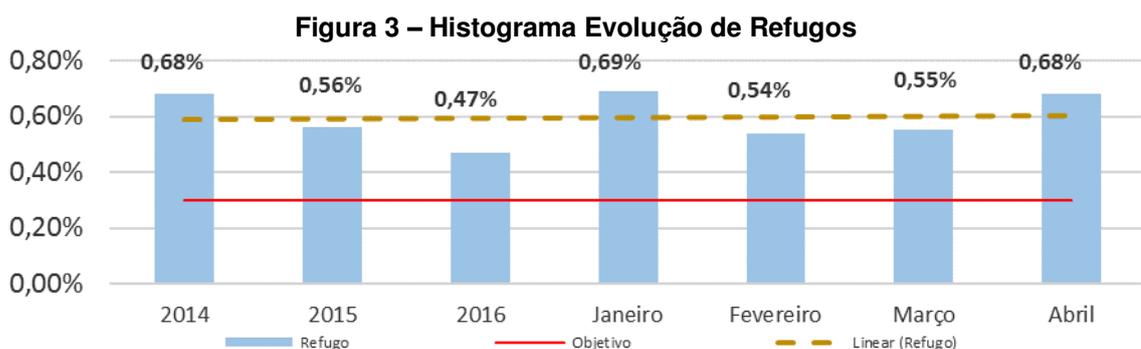
O processo atual do setor espumação é dividido em duas operações principais: injeção de blocos de espuma e corte de placas de espuma. Na operação de injeção de blocos de espuma, são necessários três colaboradores inicialmente para a atividade de preparação de caixas, deixando-as organizadas e alinhadas para o recebimento da matéria-prima, e posteriormente para o transporte dos blocos de espuma, basicamente para armazenar o bloco acabado no estoque de blocos intermediário e para levar o próximo bloco para a máquina de corte, na qual é iniciada a operação de corte de placas. Já para garantir que o processo de injeção ocorra dentro do especificado e para ajustar os parâmetros das máquinas Injetoras são necessários mais dois colaboradores, totalizando cinco MOD para a operação de injeção de blocos. No processo, após a injeção do isocianato e polioliol, é necessário espalhar de forma correta os componentes dentro a caixa e atentar-se para a reação deles, na qual ocorre a solidificação do material em temperatura ambiente dentro da caixa, dando formato ao bloco. Cabe ao operador fechar a caixa corretamente, para evitar o vazamento do produto, e após a solidificação, posicionar a caixa com o bloco em um local determinado, finalizando a sua operação.

Para a operação de corte de placas são necessários dois MOD, um operando cada máquina de corte do setor, as quais ficam uma em frente com a outra. O processo consiste em colocar o bloco sobre a máquina de corte e iniciar o processo

de corte de placas de espuma, o qual leva em média uma hora para acontecer, variando com o tamanho do bloco e espessura das placas. Durante o processo de corte, o operador deve separar as placas em dois conjuntos, para facilitar o posterior transporte das mesmas para o estoque intermediário de placas.

Com o mapeamento do processo foi verificado que não há uma definição correta de qual operador é responsável por determinada ação nas duas operações, de maneira que todos podem realizar todas as operações durante o processo, ou seja, ficou evidenciado que não há padronização, o que prejudica o fluxo das operações.

Ainda na fase D, foi realizado o levantamento do histórico de refugos dos últimos 3 anos até o momento, e com a utilização de um histograma conforme demonstrado na Figura 3, a organização verificou que o indicador apresentava alta variabilidade e valores altos para as metas da organização na operação de injeção, em média 0,60% ao mês. O número alto de refugos prejudica a meta da organização e torna o processo mais caro, uma vez que há o desperdício de materiais e tempo. A organização definiu como objetivo reduzir o indicador de refugo para 0,30% ao mês nessa operação.



4.2 FASE MEDIR

Na fase Mensurar, a metodologia Seis Sigma envolve a utilização de dados para medir o desempenho em relação às exigências do cliente. Segundo Rodrigues (2006), um indicador de desempenho é uma medida utilizada para quantificar dados

e monitorar valores, verificando se estes estão de acordo com as especificações da organização, podendo variar de acordo com o processo. Para indicar o desempenho, foi realizado o estudo de Efetividade MOD das operações de injeção e corte.

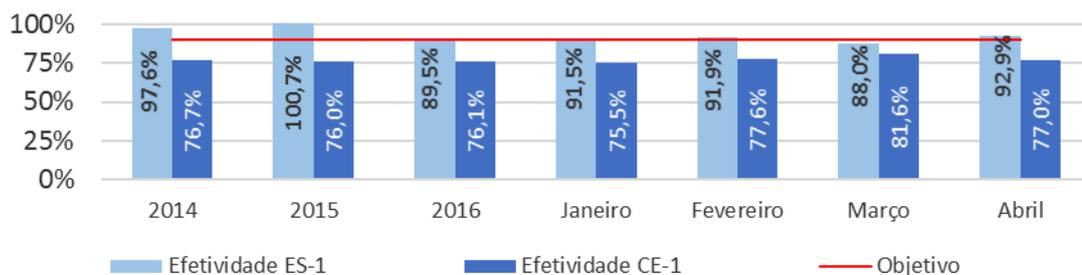
O indicador de efetividade MOD foi calculado a partir da divisão das Horas Teóricas (HTE) pelas Horas Trabalhadas (HTR), conforme Fórmula 4.

$$\text{Efetividade MOD} = \frac{\text{HTE}}{\text{HTR}} \times 100 \quad (4)$$

As HTE são as horas teóricas requeridas para MOD na produção de peças consideradas boas. Seu valor é obtido calculando a quantidade de unidades produzidas em cada operação pelo tempo unitário padrão. As HTR são as horas trabalhadas acordadas, subtraindo as horas legais de pausa e de absenteísmo e somando as horas extras realizadas no mês.

Os valores de efetividade para a operação de injeção de blocos (ES-1) era 93% e para a operação de corte de placas (CE-1) apresentava o valor de 77%. Na Figura 4 são apresentados os valores para o indicador de efetividade do setor, comparando desde 2014 até o momento do início da aplicação do Lean Seis Sigma. O objetivo definido foi de melhorar a efetividade da linha, alcançando valores de 95% para ES-1 e 90% para CS-1.

Figura 4 – Histograma Efetividade MOD



4.3 FASE ANALISAR

Na fase analisar foi utilizado o Diagrama de Ishikawa para verificar todas as causas possíveis para o alto índice de refugos, permitindo a identificação dos possíveis planos de ação a serem tomados.

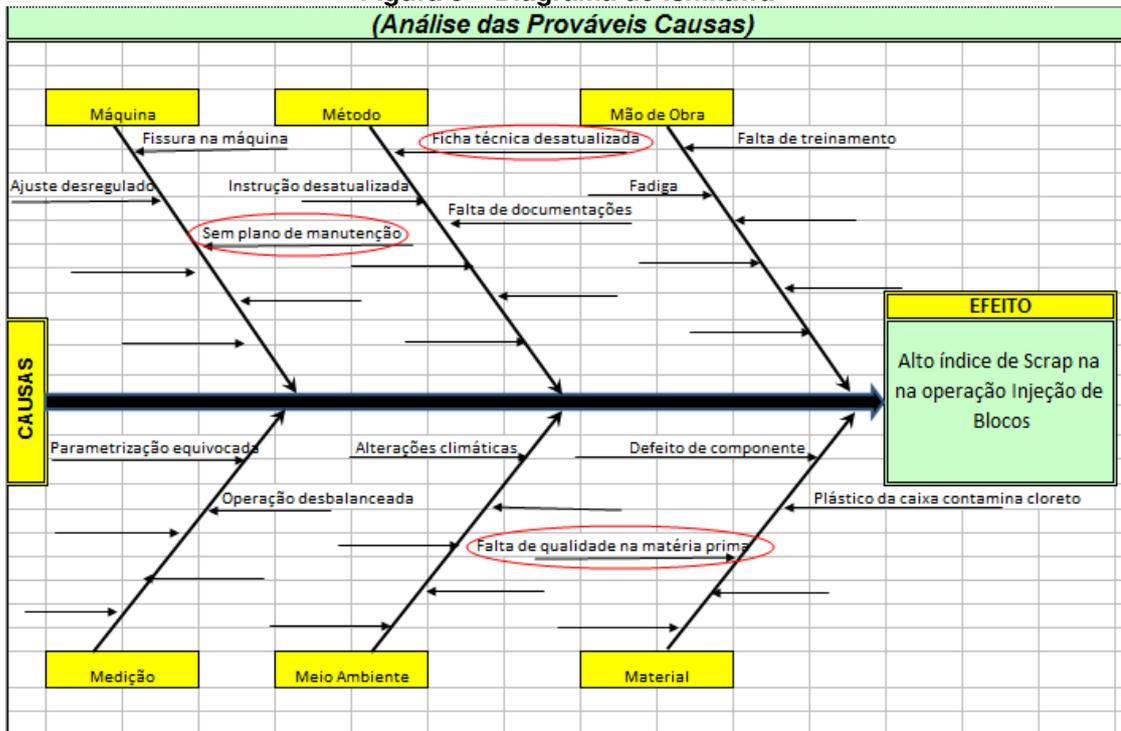
Dentro dos “6M”, na parte de máquina, foi verificada uma falta de planejamento de manutenção nas injetoras utilizadas para injeção da espuma, nas quais eram realizadas apenas manutenções corretivas quando a mesma não tinha mais capacidade de executar a operação, não havendo um plano de manutenção para evitar quebras e contaminações da matéria-prima.

Na parte de método, foram verificadas documentações desatualizadas, o que implica diretamente na parte de inspeção de qualidade do produto, e uma falta de padronização para realização das atividades, gerando desperdícios no processo.

Inspeções realizadas durante o período apontaram uma irregularidade nos lotes de isocianato e poliol recebidos diretamente do fornecedor, os quais são utilizados na operação de injeção dos blocos, e tem relação direta com a qualidade do produto. Alguns lotes do fornecedor que foram inspecionados estavam fora do padrão especificado pela empresa, o que ficou destacado no campo material do diagrama.

Foram levantadas diversas causas dentro do “6M” do diagrama, e a partir da experiência e conhecimento da equipe envolvida, foi realizada a seleção das três causas mais prováveis para o elevado número perdido de Blocos de espuma, conforme destacado na Figura 5, sendo a falta de manutenção, documentações desatualizadas e má qualidade na matéria prima recebido pelo fornecedor para formação dos blocos.

**Figura 5 – Diagrama de Ishikawa
(Análise das Prováveis Causas)**



Ainda com a experiência do time, o isocianato e polioliol fora das especificações da organização foi apontado com a causa-raiz para o valor elevado de refugos na operação de injeção. A seleção da causa-raiz é realizada para que seja possível atacá-la diretamente e corrigir o problema.

Para WERKEMA (2012) a definição de valor dentro do Lean deve nascer do seu cliente, ou seja, deve ser tudo aquilo que o seu cliente valoriza. Para realizar a análise de valor das operações na fase Analisar, as atividades foram cronometradas e a média dos dados obtidos foram dispostos em dois quadros, conforme Quadro 3 para a operação de injeção e Quadro 4 para a operação de corte.

No Quadro 3, as atividades que não agregam valor foram representadas pela letra a, enquanto que aquelas que não agregam valor, mas são necessárias para o processo produtivo de alguma forma foram representadas pela letra b, e aquelas que agregam valor pela letra c na operação de injeção.

Quadro 3 – Descrição das atividades Processo de Injeção

Op.	Descrição das atividades	Tipo (a,b,c,d)	Tempo Total
1	Corte e preparação do papel do Fundo de caixa	c	60
2	Retirar bloco da caixa de espumação	c	242
3	Retirar papel do bloco	b	269
4	Andar para levar papel até a Lixeira	a	293
5	Andar em retorno até a caixa	a	310
6	Andar para levar o postigo da caixa até a mesa	a	336
7	Andar em retorno até a caixa	a	350
8	Retirar lateral da caixa	c	365
9	Andar para levar lateral até a prateleira	a	391
10	Pegar nova lateral	c	419
11	Andar até levar lateral até a caixa	a	434
12	Posicionar lateral sobre a caixa	b	480
13	Ajustar dimensional da caixa	c	837
14	Andar até a mesa para pegar papel	a	844
15	Recortar papel e emendar	a	889
16	Andar até a caixa com papel	a	959
17	Posicionar papel	b	1052
18	Andar até a mesa para buscar postigo	a	1080
19	Posicionar postigo sobre a caixa	c	1185
20	Fechar caixa	c	1230
21	Levar caixa até o ponto de Injeção	a	36
22	Ajustar parâmetros de máquina	b	52
23	Injetar bloco de espuma	c	84
24	Levar caixa até o ponto de tampa	b	20
25	Tampar caixa de espuma e nivelar o bloco	c	118
26	Elaboração de etiqueta e preenchimento de auto controle	b	501
27	Levar caixa até o ponto de descanso	b	30
28	Levar bloco até o ponto de cura secundária	b	45
29	Retirar bloco da cura secundária e levar para cura final	b	185

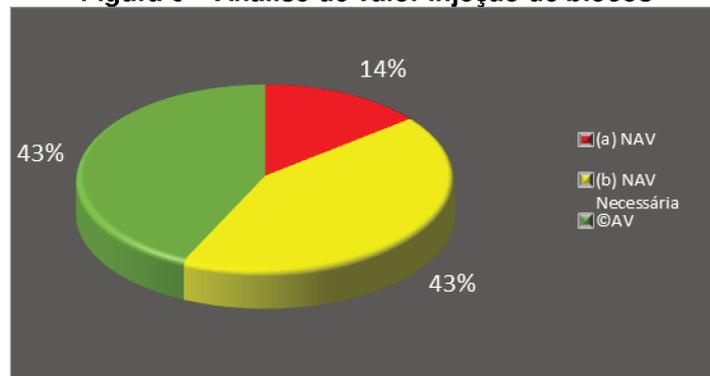
Com a duração de cada atividade determinada, a organização identificou um fluxo de valor destas, dividindo os processos que geram valor e os que não, mas ainda sim são importantes para a qualidade e aqueles que não geram valor e devem ser eliminados. O Quadro 4 traz a análise de valor para a operação de corte.

Quadro 4 – Descrição das Atividades Operação de Corte

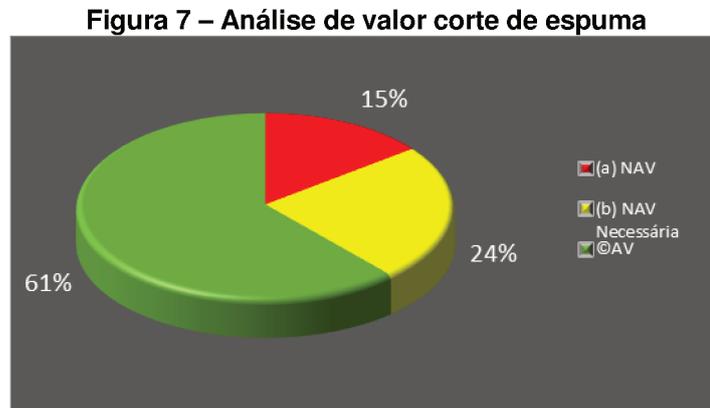
Op.	Descrição das Atividades	Tipo (a,b,c,d)	Tempo Total
1	Colocar os blocos sobre a mesa	a	61
2	Pegar dois pallets vazios e colocar na borda da máquina	a	61
3	Retirar fita crepe da etiqueta	a	61
4	Ajustar parâmetros da máquina	c	158
5	Limpeza do topo do bloco	b	158
6	Tombar o bloco	b	158
7	Limpeza do fundo do Bloco	b	390
8	Conferir a espessura das placas	c	390
9	Tirar as placas e colocar sobre os pallets	c	2467
10	Preencher etiquetas e autocontrole / CONTAGEM	b	2731
11	Tirar os pallets e colocar na prateleira	a	2731
12	Retirar a madalena da mesa	b	2756

Para a análise de valor das atividades nas operações de injeção de blocos e corte de espuma foi utilizado o gráfico de setores, no qual a porcentagem das atividades que não agregam valor desnecessárias foram representadas na cor vermelha, enquanto as atividades que não agregam valor, mas são necessárias foram representadas na cor amarela e a porcentagem das atividades que agregam valor na cor verde.

A operação de injeção de blocos apresentava 14% de atividades que não agregam valor desnecessárias e 43% de atividades que não agregam valor necessárias, ou seja, o mesmo valor das atividades que agregam valor, conforme demonstrado na Figura 6 em um gráfico.

Figura 6 – Análise de valor injeção de blocos

A operação de corte de placas de espuma apresentava 15% de atividades que não agregam valor e 24% de atividades que não agregam valor necessárias, conforme Figura 7.

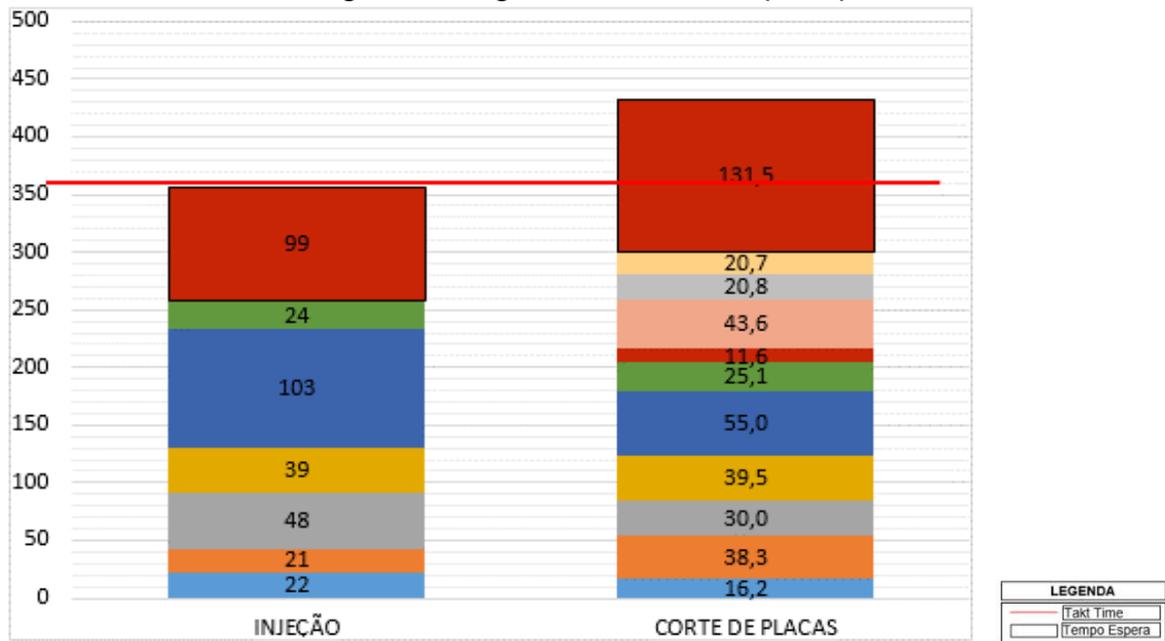


4.4 FASE MELHORAR

O Diagrama Yamazumi, ferramenta dentro do pensamento Lean Manufacturing, foi utilizado para análise das atividades realizadas por cada operador, objetivando balancear o tempo das operações na fase Melhorar do DMAIC. O foco da utilização do Diagrama foi identificar os pontos de desperdícios que não agregavam valor ao produto graficamente, permitindo análises e tomadas de decisões mais rápidas para eliminar desperdícios.

Com o Diagrama de Yamazumi, as atividades de cada operação foram empilhadas, sendo que a altura de cada bloco dentro das colunas representa o tempo para realização de cada atividade, conforme demonstrado na Figura 8. A organização detectou um desbalanceamento entre as atividades das operações e um grande tempo de espera nas operações, identificando assim uma oportunidade de melhoria e redução de tempo. Na operação de Corte de Placas, o tempo de espera ultrapassou o *takt time*, comprometendo a produtividade da operação.

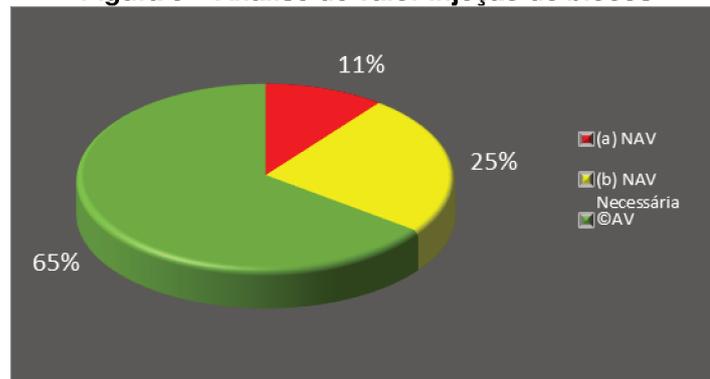
Figura 8 – Diagrama de Yamazumi (antes)



Após a análise de valor das atividades e da aplicação do Diagrama de Yamazumi, foi realizada a unificação de dois formulários, reduzindo a impressão e o preenchimento de um documento a mais, e a eliminação de duplicidade de etiquetas de identificação, por exemplo, atividades que o cliente não reconhece e não está disposto a pagar. Eliminar essas atividades é essencial para a competitividade a empresa, pois mesmo que o cliente não considere seus custos, eles estão inseridos no custo final do produto. Eliminar atividades que não agregam valor ao produto otimiza o processo, reduzindo custos produtivos e aumentando a velocidade do processo.

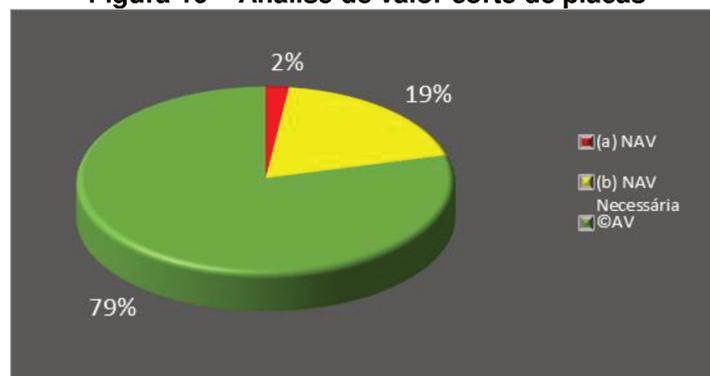
Com a eliminação de atividades que não agregam valor, e com redução do tempo de atividades que não agregam valor necessárias, foi possível reduzir as mesmas para 11% e 25%, respectivamente na operação de Injeção de Blocos, conforme Figura 9.

Figura 9 – Análise de valor injeção de blocos



Na operação de Corte de Placas, as atividades que não agregam valor foram reduzidas para 2% e as atividades que agregam valor necessárias para 19%, conforme Figura 10.

Figura 10 – Análise de valor corte de placas



Com os cálculos da demanda diária de tetos automotivos resultou-se no tempo total necessário de 3 colaboradores na operação injeção blocos de espuma, para finalizarem suas atividades e iniciar o processo para um novo bloco, fechando o ciclo. Logo, com o balanceamento da atividade de injeção de blocos, foi reduzido a MOD de cinco para três colaboradores, o que teve um impacto direto na efetividade MOD da operação.

A padronização das atividades foi uma das ações mais importantes nessa fase, pois com ela foi possível obter melhores resultados, eliminar desperdícios e reduzir tempo. Com a padronização é possível que uma mesma atividade seja realizada de uma mesma maneira, independente de quem a realiza e qual o turno que ela é realizada.

Para documentar e manter a padronização, foram criadas Instruções de Trabalho, com procedimentos e parâmetros referentes ao processo. Foram criados também documentos da qualidade, para auxiliar na inspeção visual do produto, garantindo que o padrão de qualidade exigido seja mantido.

Após negociações com o fornecedor, tendo tema as especificações quanto à qualidade do produto fornecido, foram criadas verificações com determinada frequência do material isocianato e polioliol a ser utilizado, para garantir a qualidade do bloco formado.

Buscando reduzir distâncias, executar as operações de maneira mais ágil e fácil e eliminar atividades desnecessárias foram realizadas modificações no layout produtivo. A organização do novo layout se deu com a maioria das atividades requeridas para a realização do processo de manufatura posicionadas em função de reduzir movimentações e deixar o fluxo mais visível. Para a alteração dos equipamentos e da estrutura da empresa foi utilizado o Gráfico de Espaguete, ferramenta que permitiu que a equipe envolvida enxergasse visualmente possibilidades de redução de espaço e tempo a partir da análise das distâncias percorridas. Para execução da ferramenta, a planta produtiva da empresa foi impressa e os fluxos produtivos foram desenhados sobre esta, sendo representados por setas coloridas, o que resultou em “fios” contínuos. Essa ferramenta auxiliou na diminuição de distâncias com a realocação de equipamentos, assim como na eliminação de atividades que não agregavam valor ao produto.

A Figura 11 mostra o novo fluxo adquirido com reorganização do layout, a qual trouxe também benefícios para segurança, pois foi realizada a separação do estoque da área produtiva, o que limitou o fluxo de empilhadeiras na área.

Anteriormente, as máquinas de corte ficavam uma em frente com outra, fazendo com que o operador responsável pelo reabastecimento da máquina de corte I precisasse passar pela máquina de corte II para chegar ao seu posto. Isso gerava uma movimentação desnecessária do próprio operador e do bloco de espuma que precisava ser levado até a máquina para a realização da operação. Com a nova organização do layout, as máquinas de corte ficaram ao lado uma da outra,

facilitando a operação de abastecimento dos blocos de espuma e reduzindo distâncias, o que tornou o processo mais rápido.

Figura 11 – Layout produtivo final

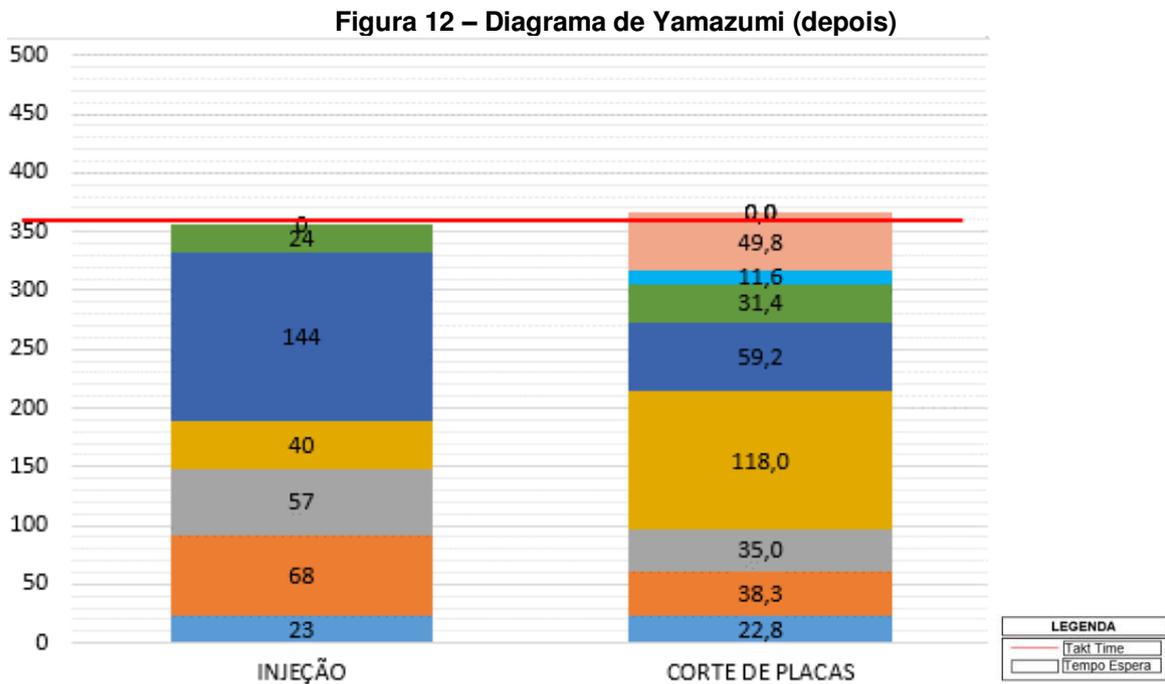


Com a padronização e com a redução distâncias, atividades que não agregam valor ao produto foram eliminadas, o que auxiliou no processo de balanceamento das operações.

Para as duas operações, uma MOD ficou responsável somente com as operações de movimentação, seja para transporte do bloco para o estoque de bloco intermediário para aguardar o tempo de cura, para abastecer a máquina de corte, ou para transportar as placas cortadas para o estoque intermediário de placas, assim como organização do estoque e controle do tempo de cura.

Os demais colaboradores ficaram especificamente para as atividades de preparação de caixas, controle da injeção do isocianato e do poliol, para disposição das caixas no local determinado na operação de injeção, e para a operação da máquina de corte e controle do número de placas na operação de corte. Estabelecer um único MOD para a operação de movimentação agilizou o processo e permitiu um balanceamento das atividades, gerando um resultado que ficou apresentado na

Figura 12, na qual é possível perceber que os tempos ficaram abaixo do *takt time*, diferente do resultado obtido na Figura 8 anteriormente.

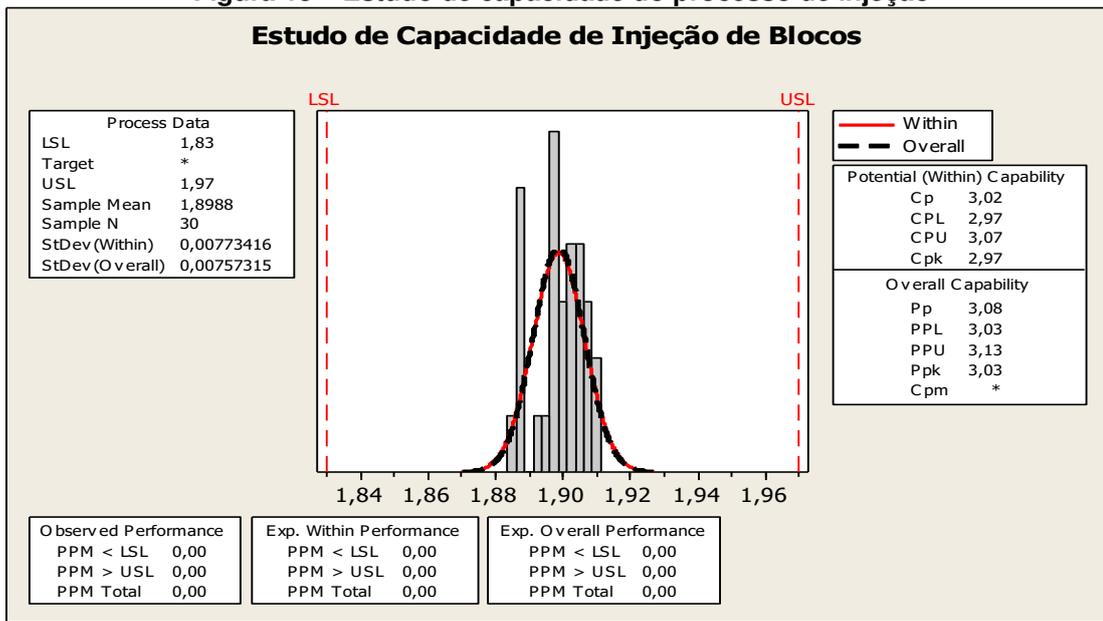


4.5 FASE CONTROLAR

Na fase controlar foi definido um sistema de medição para verificar as melhorias alcançadas e assegurar que elas se mantenham durante o decorrer do tempo, para que o desempenho alcançado seja preservado. Foi realizado nessa fase o cálculo dos Índices de Capacidade de Processo Cp e Cpk, das duas operações.

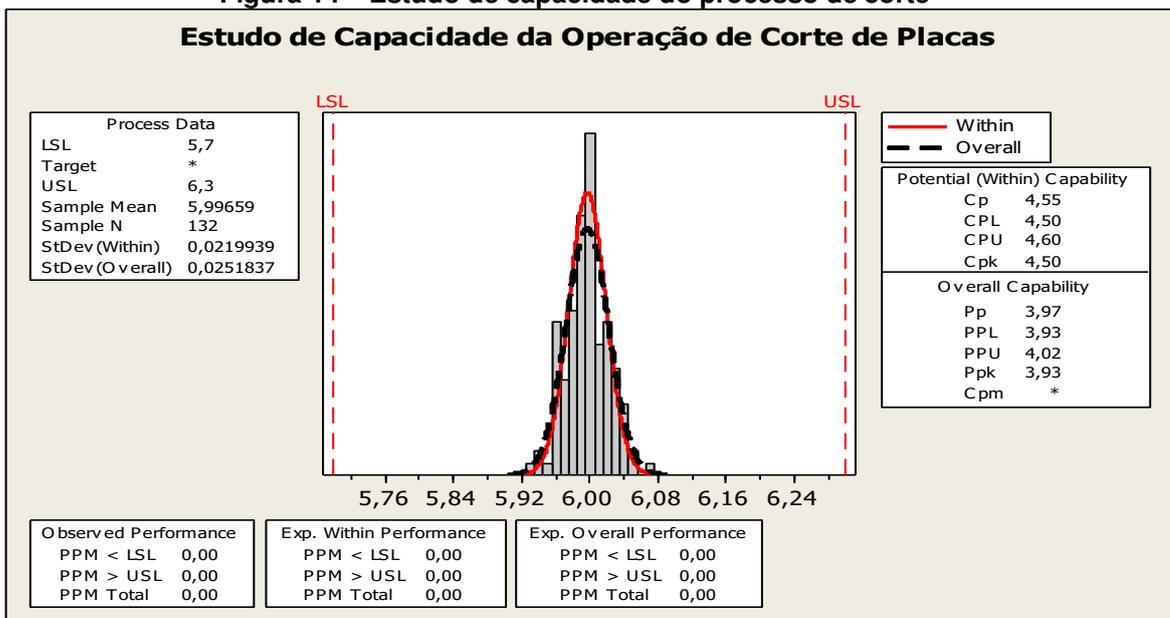
Na operação de Injeção de Blocos, o valor para Cp foi 3,02 e para CpK foi 2,97. Na Figura 13 está o estudo estatístico realizado, com os dados plotados em um gráfico, no qual ficou perceptível a centralização dos dados e uma distância dos limites de especificação superior e inferior.

Figura 13 – Estudo de capacidade do processo de injeção



Para a operação de Corte de Placas, foi analisada a espessura de cada placa, e os dados obtidos também foram plotados em um gráfico e o controle estatístico da operação foi realizado. O valor encontrado de Cp foi de 4,55 e de Cpk de 4,50, conforme Figura 14.

Figura 14 – Estudo de capacidade do processo de corte



Um valor de Cpk maior do que 2 demonstra que o processo está totalmente capaz, sendo considerado excelente. Conforme é possível verificar nas Figuras 13 e 14 e a partir da comparação dos valores de Cp e Cpk os quais são valores próximos, o processo está centrado, não sendo necessário monitoramento ou controle. Os dados plotados no gráfico foram obtidos a partir de medidas das espessuras das placas, verificando se estas estavam dentro do especificado.

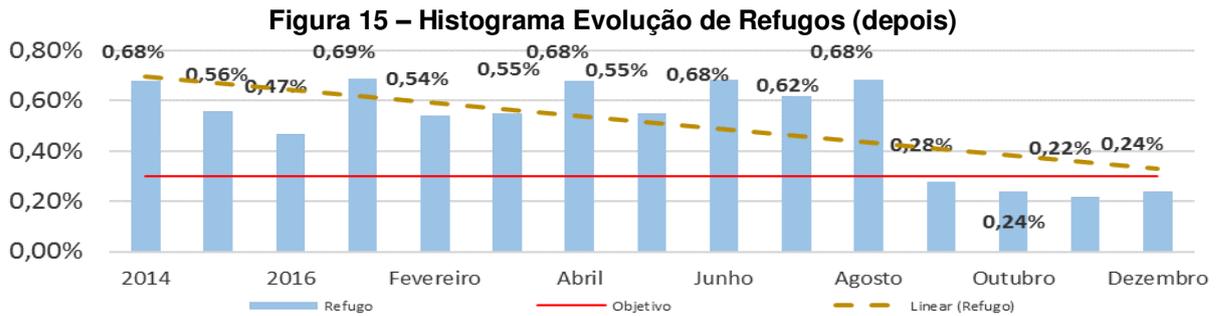
O Cp e o Cpk foram utilizados para medir se o processo estava realmente capaz de atender as exigências. O primeiro verificou se os resultados apresentados estavam dentro dos limites de especificação, e segundo considerou a descentralização dos dados com relação à média central calculada.

Dentro da metodologia Seis Sigma, o estudo dos índices de capacidade é utilizado para verificar se o processo atende aquilo que é esperado dele, e também para fazer previsões sobre o seu comportamento, verificando a sua tendência ao longo do tempo. A abordagem estatística é um forte pilar do Seis Sigma, buscando sempre reduzir a variabilidade dos processos, aumentar a qualidade e tornar o processo capaz.

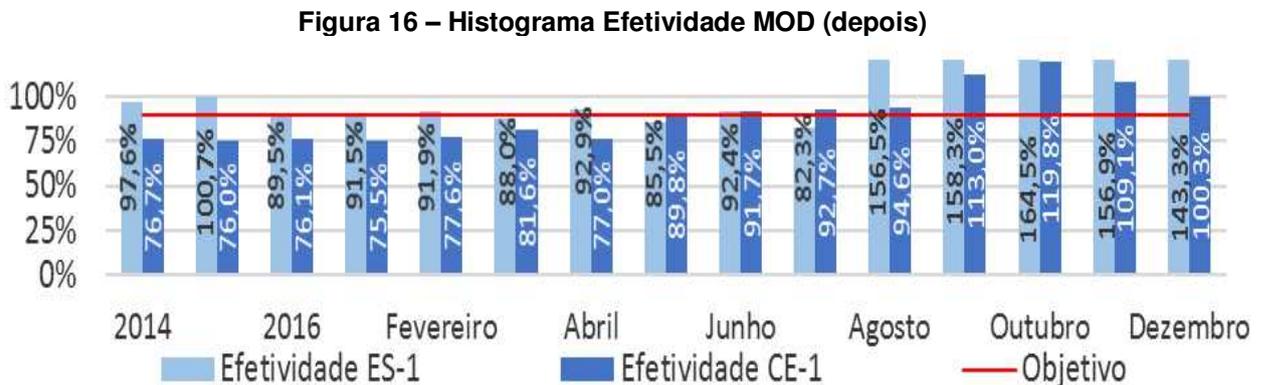
O processo da aplicação da metodologia iniciou em abril, e teve sua duração até agosto. A partir de setembro foram colhidos os resultados positivos, no quais a meta de reduzir os refugos para 0,3 foi alcançada. No mês de setembro o valor foi de 0,28% enquanto que para os outros meses o valor não ultrapassou 0,25%. Para acompanhar os valores obtidos foi elaborado um histograma que pode ser visto na Figura 15. O histograma permite acompanhar os resultados após a aplicação das ferramentas, assim como os valores obtidos anteriormente.

A padronização dos processos e a criação de instruções para inspeções de qualidade dos materiais contribuíram para a redução nos valores dos refugos. Instruções de Trabalho mal elaboradas podem prejudicar o processo, impactando negativamente na qualidade do produto. Fazer com que o desperdício fosse visível, através do diagrama de Ishikawa, e mensurá-lo permitiu que as principais causas fossem atacadas para reduzir esse indicador.

Refugos devem ser atacados, pois são processamentos que não agregam valor ao cliente e prejudicam a produtividade da organização.



Com a redução de dois operadores na atividade de injeção de blocos, e com o aumento da produção devido a padronização e balanceamento das atividades, a Efetividade MOD das operações teve uma melhora e ainda nas etapas finais do projeto apresentou o valor de 156,59% para a operação de injeção de blocos de espuma e de 94,6% para a operação de corte. O histograma na Figura 16 mostra os valores obtidos a partir de setembro, quando os resultados das melhorias realizados começaram a ser colhidos.



5 CONCLUSÃO

O presente trabalho de graduação teve como objetivo trazer uma análise da aplicação do Lean Manufacturing e da metodologia Seis Sigma em conjunto, sendo chamado Lean Seis Sigma, para alcançar a redução do indicador de refugos, eliminar desperdícios e atividades que não agregam valor, criar um fluxo, padronizar os processos e aumentar a efetividade do setor em uma empresa de tetos automotivos.

Buscou-se demonstrar o método DMAIC, principal método para abordagem Seis Sigma, no qual o processo de melhoria aconteceu em 5 fases: Definir, Mensurar, Analisar, Implementar e Controlar.

Entre os resultados obtidos, a efetividade da operação de corte de placas teve um aumento de 77% para 90%, e na operação de injeção teve um aumento de 90% para 95%, com redução de duas mão-de-obra na operação. O indicador de refugos interno apresentou uma redução de 0,60% para 0,28% a partir das melhorias realizadas.

Quanto a utilização do Lean Seis Sigma verificou-se resultados satisfatórios, alcançando o objetivo definido pela organização em média em quatro meses.

Conclui-se que o estudo de caso obteve sucesso, uma vez que as metas definidas pela organização foram alcançadas a partir das ferramentas e metodologias aplicadas, de maneira que todos os indicadores utilizados alcançaram os resultados determinados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9000:2015 sistemas de gestão da qualidade: fundamentos e vocabulário**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2015.

BAUDIN, M. **Lean Assembly. The Nuts and Bolts of Making Assembly Operations Flow**. New York Ed, 2002. v 1, 42 p.

BRAGA, D. **Método DMAIC: como é e como funciona?**. 2017. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/metodo-dmaic>>. Acesso em: 26 de abril de 2018.

CANTIDIO, S. **As técnicas e atividades do Sistema de Gestão Lean**. 2009. Disponível em: <<https://sandrocan.wordpress.com/tag/padronizacao-do-processo/>>. Acesso em 08 de julho de 2018.

CARVALHO, L H.; CAVALCANTI, W S. **Propriedades mecânicas de tração de compósitos poliéster/tecidos híbridos sisal/vidro**. *Polímeros* [online]. 2006, vol.16, n.1, pp.33-37. ISSN 0104-1428. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282006000100009>>. Acesso em: 10 de maio de 2018.

CARVALHO, M. M *et al.* **Medindo o Sigma do Processo**. In: ROTONDARO, G. R. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. São Paulo: Atlas, 2006. p.164-175.

CARVALHO, R. L. **Os 5 princípios do Lean Manufacturing**. 2017. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/os-5-princ%C3%ADpios-do-lean-manufacturing-rodrigues-de-carvalho>>. Acesso em: 26 de abril de 2018.

CASTRO, R. B. de. **Eficácia, Eficiência e Efetividade na Administração Pública**. EnANPAD, Salvador, 2006. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/enanpad/2006/dwn/enanpad2006-apsa-1840.pdf>>. Acesso em: 17 de maio de 2018.

COUTINHO, T. **Conheça os 8 desperdícios Lean Manufacturing**. 2017a. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/8-desperdicios-lean>>. Acesso em: 26 de abril de 2018.

COUTINHO, T. **O que é Mapa do Fluxo de Valor (VSM)?**. 2017b. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/mapa-do-fluxo-de-valor>>. Acesso em 17 de maio de 2018.

EXLER, B. R.; DE LIMA, B. J. C.; NUNES, M. F. **Utilização do Controle Estatístico de Processo para o Monitoramento da Qualidade do Biodiesel Produzido pela Usina Alfa**. 2013. Disponível em: <www.redalyc.org/html/4966/496650338007>. Acesso em 23 de abril de 2018.

FORNARI JUNIOR, C. C. M. **Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a reutilização**

dos Resíduos Sólidos de Coco Verde. 2010. Disponível em: <ingepro.com.br/Publ_2010/Set/307-836-1-PB.pdf> Acesso em 24 de abril de 2018.

FREITAS, S. L.; GUARESCHI, H. M. **A padronização de processos no serviço público através do uso de manuais, a viabilidade do manual de eventos da UTFPR – Campus de Francisco Beltrão.** 2012. Disponível em: <<https://www.uninter.com/revistaorganizacao sistematica/index.php/organizacaoSistematica/article/view/137/0>> Acesso em 24 de abril de 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONSALVES, V. **Metodologia Seis Sigma: o que é e como funciona.** 2017. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/metodologia-seis-sigma>>. Acesso em: 26 de abril de 2018.

HOINASKI, F. **Value Stream Mapping: Habilidade em identificar oportunidades de melhoria!** 2014. Disponível em: <ibid.com.br/blog/value-stream-mapping> Acesso em 23 de abril de 2018.

JB REVESTIMENTOS. **Revestimentos automotivos – forro de teto.** 2017. Disponível em: <jbrevestimentos.com.br/blog/revestimentos-automotivos-tecidos-automotivos/> Acesso em 25 de abril de 2018.

LEAN INSTITUTE. **Definição.** 2018. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/o-que-e-lean.aspx>>. Acesso em: 26 de abril de 2018.

LEE, Q.; SNYDER, B. **The Strategos Guide to Value Stream & Process Mapping Genesis of Manufacturing Strategy.** Carolina St Ed, 2007. v 1, 68 p.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo.** Porto Alegre: Bookman Companhia Ed, 2002. v. 1, 316 p.

MACEDO, A. **Lean x Seis Sigma: qual a diferença.** 2017. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/lean-seis-sigma>>. Acesso em: 26 de abril de 2018.

MELO, D.; ANDRADE, I. H.; BRITO, J. **Aplicação do MTM-UAS como ferramenta de melhoria de processo, estudo de caso em uma indústria de autopeças.** 2016. Disponível em: <researchgate.net/profile/Diego_Melo13/publication/312153615_Aplicacao_do_MTM_UAS_como_ferramenta_melhoria_de_processo_estudo_de_caso_em_uma_industria_de_autopecas/links/58e31dbcaca2722505d16af5/Aplicacao-do-MTM-UAS-como-ferramenta-melhoria-de-processo-estudo-de-caso-em-uma-industria-de-autopecas.pdf>. Acesso em 24 de abril de 2018.

MIYAKE, I. D. *et al.* **Melhorando o Processo: Seis Sigma e Sistema de Produção Lean.** In: ROTONDARO, G. Roberto. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços.** São Paulo: Atlas, 2006. p. 264-292.

MOROSSINI, M. J. S. **Histograma**: [7 ferramentas da qualidade]. 2016. Disponível em: <<https://www.harbor.com.br/harbor-blog/2016/08/30/histograma/>>. Acesso em: 16 de maio de 2018.

OLIVEIRA NETTO, A.; TAVARES, W. R. **Introdução à Engenharia de Produção: Estrutura – Organização – Legislação**. Florianópolis: Visual Books, 2006, 164 p.

OLIVEIRA, A. J. *et al.* **Um estudo sobre a utilização de sistemas, programas e ferramentas da qualidade em empresas do interior de São Paulo**. 2010. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/prod/2011nahead/aop_t6_0002_0302.pdf>. Acesso em 23 de abril de 2018.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma: Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho**. Rio de Janeiro: Equipe Qualitymark, 2007. v. 2, 435 p.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da Produção e Operações**. 1. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004. 431 p.

RODRIGUES, M. V. C. **Entendendo, aprendendo, desenvolvendo qualidade padrão Seis Sigma**. 1. ed. Rio de Janeiro: Equipe Qualitymark, 2006. 112 p.

ROTONDARO, R. G. *et al.* **Seis Sigma: Estratégia gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. 1. ed. – 4. reimpr. - São Paulo: Atlas, 2006, 375 p.

SILVA, P. A. L. **ESTIMATIVA DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO**: alternativas para o Diagrama de Ishikawa e para o gráfico das contribuições individuais. 2008. Disponível em: <vertent.net/remesp/enqualab2008/cdrom/pdf/TT050.pdf>. Acesso em 24 de abril de 2018.

SILVA, V. M. **A dimensão espacial da rede de fornecedores da montadora automotiva MMC Automotores do Brasil S.A.** 2014. Disponível em: <repositorio.bc.ufg.br/xmlui/bitstream/handle/ri/11027/A%20dimens%C3%A3o%20espacial%20da%20rede%20de%20fornecedores%20da%20montadora%20automotiva%20MMC%20Automotores%20do%20Brasil%20S.A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 25 de abril de 2018.

SILVEIRA, B. C. **DMAIC: definir, mensurar, analisar, melhorar e controlar**. 2018. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/dmaic-definir-mensurar-analisar-melhorar-controlar/>>. Acesso em: 26 de abril de 2018.

SLACK, N. *et al.* **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997. 1. ed. 726 p.

STEINMETZ, E. **Os 3 Es (Eficiência, Eficácia e Efetividade)**. 2010. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/os-3-es-eficiencia-eficacia-e-efetividade/45559/>>. Acesso em: 16 de maio de 2018.

TEIXEIRA, C. P. *et al.* **Padronização e melhoria de processos produtivos em empresas de panificação: estudo de múltiplos casos**. 2013. Disponível em: <scielo.br/pdf/prod/2013nahead/aop_1037-12.pdf> Acesso em 24 de abril de 2018.

VEYRAT, P. **Conheça 10 indicadores de desempenho (KPI)**. 2015. Disponível em: <<http://www.venki.com.br/blog/indicadores-de-desempenho-de-processos/>>. Acesso em: 17 de maio de 2018.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999.
WASTOWSKI, R. **Utilização Conjugada do Mapeamento da Cadeia de Valor e do mecanismo da função produção para avaliação de sistemas de produção**. 2001. Disponível em: <www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1938/000312455.pdf?sequence=1>. Acesso em 23 de abril de 2018.

WERKEMA, C. **LEAN SEIS SIGMA: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2012.

ZECK, S. E. C. **Utilização de espumas Ueretânicas no tratamento de óleo mineral isolante contaminado com PCB**. 2004. Disponível em: <acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/8155/DISSERTA%c7%c3O%20DE%20MESTRADO_SCHEYLA_ZECK.pdf?sequence=1>. Acesso em 25 de abril de 2018.