

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DMAIC PARA REDUÇÃO DE REFUGO EM UMA EMPRESA METALÚRGICA

Autores

Jaqueline Vitória Pereira¹

Rafael de Oliveira Guimarães²

Leonidas Magno de Moraes³

Igor Alexandre Fioravante⁴

Resumo

Devido às necessidades de melhorias em processos de produção visando a redução do volume de refugo, eliminação de desperdícios e, conseqüentemente, redução de custos, esse trabalho tem por objetivo demonstrar a redução de refugo na aplicação de uma melhoria no processo de produção de um componente automotivo de uma grande empresa situado na região do Vale do Paraíba-SP. O estudo baseou-se em dados coletados em um determinado período em que o componente foi evidenciado na lista de itens top 10 de refugo, por conta do alto custo de produção. Este trabalho foi fundamentado por meio de estudo de caso realizado na empresa em questão. Mediante o estudo, foram levantados possíveis melhorias de processos no qual aquele que obteve o melhor custo benefício foi o escolhido para aplicação, resultando a eliminação do refugo durante o processo de produção que reflita em redução de custo, para isso, após todas as análises, o método mais apropriado para alcançar os objetivos proposto pelo mesmo, foi a ferramenta DMAIC.

Palavras-chave: Sistema de produção. Qualidade. Redução de desperdício. Seis Sigma. DMAIC.

APPLICATION OF THE DMAIC TOOL FOR REFUGE REDUCTION IN A METALLURGICAL COMPANY

Abstract

Due to the need for improvements in production processes aimed at reducing the volume of scrap, eliminating waste and, consequently, reducing costs, this work aims to demonstrate the reduction of scrap in the application of an improvement in the production process of a component automotive of a large company located in the region of Vale do Paraíba-SP. The study was based on data collected in a certain period in which the component was evidenced in the list of top 10 items of refuse, due to the high cost of production. This work was based on a case study carried out at the company in question. Through the study, possible improvements of processes were raised in which the one that obtained the best cost benefit was chosen for application, resulting in the elimination of the waste during the production process that reflects in cost reduction, for that, after all analyzes, the most appropriate method to achieve the objectives proposed by it was the DMAIC tool.

Keywords: Production system. Quality. Waste reduction. Six Sigma. DMAIC.

¹ Graduada em Gestão da Produção Industrial na FATEC Cruzeiro. E-mail: contato@fateccruzeiro.edu.br

² Graduado em Gestão da Produção Industrial na FATEC Cruzeiro. E-mail: contato@fateccruzeiro.edu.br

³ Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica pela UNITAU e professor na FATEC – Cruzeiro / SP. E-mail: leonidas.morais@fatec.sp.gov.br

⁴ Doutorando em Engenharia Mecânica pela UNESP e professor na FATEC – Cruzeiro / SP. E-mail: igor.fioravante@fatec.sp.gov.br

INTRODUÇÃO

As empresas estão inseridas em um cenário contemporâneo globalizado e altamente dinâmico, em que apresentam um aumento significativo da competitividade e de consumidores mais exigentes quanto a qualidade dos produtos adquiridos. A obtenção de flexibilidade na produção, sem perdas de eficiência e produtividade aliado a uma gestão de custos altamente eficaz, são uns dos maiores desafios para a gestão empresarial. Selecionar um determinado sistema de produção parte de uma decisão estratégica apoderada de acordo com os objetivos que uma empresa busca atingir dentro da sua realidade no mercado. O qual o aumento da concorrência de mercado incentiva o aprimoramento dos processos produtivos das indústrias em busca de mais eficiência, eficácia e principalmente qualidade.

Devido à complexidade dos processos, as linhas de produção demandam por inúmeros estudos em relação a suas atividades e métodos de execução. Dentro das organizações, há uma crescente necessidade de redução de desperdícios e aumento de produtividade, associado a uma baixa demanda de recursos para investimento no mesmo.

O objetivo geral do estudo foi analisar como uma empresa metalúrgica pode minimizar seus desperdícios através de redução de refugo e melhorar sua produtividade, utilizando um dos conceitos essenciais do Seis Sigma.

Este trabalho teve como objetivo específico, reduzir o refugo a fim de minimizar ou eliminar os desperdícios do processo de produção, com isso, diminuir o número de não conformidades.

O estudo justificou-se devido à necessidade de melhoria em processos e redução de custos e desperdícios, uma vez identificadas fragilidades no processo de produção, assim como, redução do desperdício (refugo), buscou-se planejar possíveis ações para que a empresa permanecesse estruturada a seus objetivos de melhoria contínua e alta qualidade mantendo-se competitiva no mercado e comprometida com seus clientes.

A redução de custos e desperdícios tornou-se uma tarefa extremamente necessária e de suma importância dentro das organizações, e sua criticidade, estabelece que um gestor desenvolva a capacidade de projetar e analisar produtos e/ou processos, ampliando a capacidade para identificação e resolução de problemas, sejam eles simples ou crônicos. Atualizar os processos já existentes, identificar as falhas e sugerir melhorias, tornou-se hábitos frequentes para padronização dos processos, minimizando custos e reduzindo e/ou eliminando, despesas operacionais.

Para a fundamentação teórica, esse estudo utilizou dados de autores conceituados como MOREIRA, MONTGOMERY, CANTIDIO, dentre outros, cujas abordagens estão representadas pelas palavras-chaves. As fontes bibliográficas incluem artigos acadêmicos, a fim de ampliar o conteúdo e conhecimento sobre melhoria contínua. O procedimento metodológico deste trabalho classifica-se como uma pesquisa bibliográfica, tendo dados fundamentados em livros, artigos, trabalhos acadêmicos e sites da internet que tratem dos temas abordados (FONSECA, 2002), juntamente com estudo de caso com a aplicação da metodologia de solução de problemas contido no programa Seis Sigma, método DMAIC.

Para realizar a estratificação dos principais problemas encontrados no componente a ser estudado, foi realizada uma análise do histórico do produto em questão estudado buscando dados dos principais defeitos apresentados pelo controle de refugo.

Em companhia com o departamento de qualidade, analisou-se os índices e motivos de defeitos nos períodos mais críticos. Foi utilizada uma metodologia de estratificação dos dados, baseada no Princípio de Pareto, que acusa poucas causas responsáveis por grandes perdas e muitas causas responsáveis por menores perdas. Esse princípio também é conhecido como “Regra do 80-20”, deduzindo que 80% das perdas estão em 20% dos problemas e 20% das perdas estão em 80% dos problemas. O Pareto é uma ferramenta da qualidade que evidencia os problemas mais vitais e que mais causam impacto, deixando a maioria dos problemas que normalmente são comuns e causam pequeno impacto. A estratificação evidenciou os principais defeitos apresentados pelo controle de refugo. Servindo para definir a priorização de problemas a serem resolvidos.

Foi utilizada uma metodologia de solução de problemas contido no programa Seis Sigma, o método DMAIC, composto pelas etapas: *define* (definir), *measure* (medir), *analyse* (analisar), *improve* (melhorar) e *control* (controlar).

Os resultados obtidos com a implementação da melhoria foram positivamente alcançados através do método proposto, em que modificou-se a forma como o processo estava sendo executado, fazendo com que o custo da produção diminuísse em aproximadamente 17%, trazendo assim, a eliminação do refugo e redução do custo no processo de produção.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Sistema de Produção

Inúmeros são os fatos que se consolidaram durante a Revolução Industrial e conduziram a produção em larga escala. No final do século XIX com Frederick W Taylor, surgiram várias

técnicas e princípios que norteavam as indústrias a identificar e transformar métodos de trabalho que obtinham maior produtividade e menor custo de produção. (JUNIOR 2012, p. 15).

Segundo Martins e Laugeni (2002), todas as atividades desenvolvidas por uma empresa visando atender seus objetivos de curto, médio e longo prazo se inter-relacionam, na maioria das vezes de forma complexa. Diante disso, como tais atividades transformam insumos e matérias primas em produtos acabados e/ou serviços, demandam recursos que, por sua vez devem agregar valor ao produto, isso constitui um dos principais objetivos da Administração da Produção/Operações na gestão empresarial. São atividades fundamentais que as organizações usam para realizar tarefas e atingir suas metas (RITMAN; KRAJESWSKKI, 2004).

Atualmente a Administração da Produção segundo Muniz Junior (2012, p. 18-20) têm o objetivo de organizar a forma com que as empresas geram os produtos e serviços utilizando da melhor forma seus recursos disponíveis (homens, máquinas, tecnologia e outros). Um sistema de produção é composto por um processo, no qual por sua vez representa um conjunto de atividades de transformação de um ou mais insumos em produtos e ou serviços.

De acordo com Moreira (2012, p. 7-9) sistema de produção é “o conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens e serviços.”. Interligadas de forma dinâmica, o processo de produção converte elementos de entrada (*Input*) que sofrem um processo de transformação tendo como resultado produtos e/ou serviços (*Outputs*).

2.1 Qualidade

Definir qualidade é um exercício desafiador, uma vez que existem diversas definições de qualidade e derivações, como qualidade do produto, qualidade do processo, qualidade de vida, entre outros. A qualidade é algo fácil de reconhecer, mas difícil de definir. A palavra que mais se aproxima das inúmeras definições é a adequação. As indústrias, cada vez mais, foram tendo consciência do potencial competitivo da melhoria da qualidade para seus produtos e serviços.

Segundo Montgomery (2004), a qualidade é separada em oito dimensões: são elas: Desempenho, Confiabilidade, Durabilidade, Assistência Técnica, Estética, Característica, Qualidade percebida e Conformidade com especificações. De acordo com Araújo (2002), a Qualidade também pode ser definida como a busca pela perfeição visando agradar os clientes que são cada vez mais exigentes e conscientes da quantidade de organizações e o que elas têm para oferecer.

O conceito de qualidade evoluiu ao longo das décadas. Até o início dos anos 50, a qualidade do produto era entendida como sinônimo de perfeição técnica. A partir da década de 50, percebeu-se que a qualidade deveria estar associada não apenas ao grau de aperfeiçoamento técnico, mas também, ao grau de adequação a todos os requisitos do cliente. Qualidade então passou a ser conceituada como satisfação do cliente quanto à adequação do produto ao uso (CARVALHO; PALADINI, 2005).

Por meio da qualidade, é possível diminuir o número de produtos e serviços com não conformidades e fora das especificações, reduzir ou elimina retrabalhos, aumentar a qualidade de produtos e serviços, assim, reduz o número de inspeções necessários no processo de produção, controle dos processos, e, conseqüentemente, melhora o clima motivacional dos trabalhadores e atende os requisitos e necessidades dos clientes. Qualidade e produtividade são as bases fundamentais para a competitividade (FARIA, 2008).

2.1.1 As Ferramentas da Qualidade

Atribui-se que a qualidade compreende a conformidade entre o planejado com o executado. Nesse contexto, as ferramentas da qualidade fazem parte de um grupo de métodos estatísticos elementares, usadas para a melhoria da qualidade de produtos, serviços e processos. Segundo Oakland (1994), estas ferramentas devem ser usadas para interpretar e maximizar o uso de dados.

Já segundo Samohyl (2005), as sete ferramentas da qualidade são um conjunto de instrumentos estatísticos de uso consagrado para melhoria da qualidade de produtos, serviços e processos. O objetivo principal é identificar os maiores problemas e através de análise adequada buscar a melhor solução.

Para Montgomery (2009), as sete principais ferramentas para resolução de problemas de controle estatístico do processo deveriam ser amplamente ensinadas às organizações e usadas rotineiramente para identificar oportunidades de melhoria e eliminação de perdas.

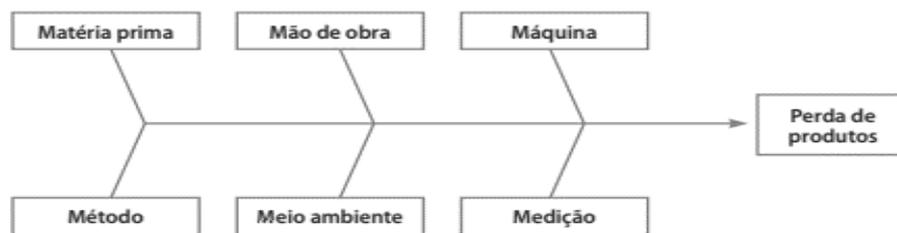
I. Diagrama de Ishikawa

Também conhecido como "Diagrama de Causa e Efeito", "Diagrama Espinha-de-peixe" ou "Diagrama 6M", o diagrama de Ishikawa homenagem ao mentor é uma ferramenta gráfica utilizada pela administração para o gerenciamento e o controle da qualidade em processos diversos. Foi originalmente proposto pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa em 1943,

visando identificar, explorar e ressaltar todas as causas possíveis de um problema ou questão específica Vergueiro (2002).

Segundo Werkema (1998) "... é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado". O diagrama mostra a relação entre causas e efeito. O número de causas pode ser muito elevado, dependendo o setor que se está investigando e do resultado da reunião de brainstorming. Paladini (2008) aborda que é utilizado para analisar as operações e situações típicas do processo produtivo. Seu aspecto é semelhante a uma espinha de peixe e sua utilização serve para identificar causas que influenciam os desvios dos processos. A Figura 1 apresenta o modelo do diagrama.

Figura 1 – Diagrama de Causa e Efeito (Categorias “6Ms”).



Fonte: Paladini, (2008)

Para cada efeito ou perda, existem diversas categorias de causas. As causas principais podem ser agrupadas sob seis categorias conhecidas como os “6M” (matéria prima, mão de obra, máquina, método, meio ambiente e medição)

II. Brainstorming

“*Brainstorming*” literalmente significa “tempestade de ideias” sendo um termo cunhado por Alex Osborn, considerado o criador *brainstorming*, em 1953, o qual define o termo como o ato de “usar o cérebro para tumultuar um problema” (OSBORN, 1987, p.73). A técnica de *Brainstorming* é utilizada como finalidade de gerar o maior número possível de ideias acerca de um determinado tema ou questão em discussão. O *Brainstorming*, é uma ferramenta associada a criatividade em que se utiliza da mesma, geralmente, na fase de um planejamento de um projeto, a fim de buscar soluções para um determinado problema, é uma técnica importante e eficiente quando a meta é abrir uma ampla variedade de ideias: “outras abordagens são importantes para fazer escolhas, mas não há nada melhor que uma boa sessão de *brainstorming* para criá-las” (BROWN, 2010, p. 75).

Segundo Baxter (2008, p. 68) através do uso dessa ferramenta “É possível conseguir mais de 100 ideias em uma sessão de uma a duas horas. As ideias iniciais geralmente são as mais óbvias e aquelas melhores e mais criativas costumam aparecer na parte final da sessão”. O *Brainstorming* para que corretamente aplicado consistem em seis etapas Baxter (2008, p. 67): orientação, preparação, análise, ideação, incubação, síntese, avaliação.

III. Matriz de esforço e impacto.

A matriz de esforço e impacto trata-se de um diagrama gerado a partir do *brainstorming*, em que as ideias são pontuadas de acordo com impacto que a mesma causará no projeto ou a solução de problemas e o esforço necessário para realizá-la. Deve-se atacar inicialmente as ideias que causam o maior impacto com o menor esforço. A identificação e a ordenação dos dados deverão ocorrer de acordo com o esforço gasto em cada ação e o impacto que ela representa no projeto ou objetivo trabalhado, ou seja, fazer um levantamento das atividades a serem executadas e as distribuir na matriz considerando a energia ou esforço despendido e o resultado ou impacto representado para cada ação.

A grande vantagem dessa técnica é a possibilidade de identificar os ganhos rápidos maximizando a produtividade, e assim poder priorizar as ações que trazem maiores resultados com menor esforço. A Matriz Esforço e Impacto é uma ferramenta de gestão de tempo e priorização de atividades, útil para *coaches*, líderes ou simplesmente para elaboração de planejamento pessoal (RISSI, 2007; PARIS, 2002).

Segundo D’Avillar (2018), a matriz esforço impacto é uma ferramenta de gestão que serve para priorização de atividades e problemas. Ela é uma espécie de grade composta por quatro áreas para a categorização das tarefas e ações, identificadas após uma análise da situação em questão. A ordenação ocorre de acordo com o esforço gasto em cada ação e o impacto que ela representa no projeto. Ainda segundo D’avillar (2018), o eixo esforço leva em consideração o volume de trabalho necessário para que o problema seja solucionado. Já o eixo impacto é entendido como ganho obtido para o projeto com a resolução do problema. A grande vantagem dessa matriz é a possibilidade de identificar os ganhos rápidos, maximizando a produtividade, e assim poder priorizar as ações que trazem maiores resultados com menor esforço.

IV. Diagrama de Pareto

De acordo com Werkema (1998), "O Gráfico de Pareto é um gráfico de barras verticais que dispõe a informação de forma a tornar evidente e visual a priorização de temas.

Foi desenvolvido pelo engenheiro e economista italiano Vilfredo Pareto, que examinou a distribuição de riqueza em seu país e buscou descrevê-la estatisticamente. Ao fazer isso, descobriu que apenas 20% da população possuía a maior parte da riqueza. Fez a demonstração dessa distribuição graficamente, em uma curva cumulativa que ficou conhecida como a curva de Pareto (BROPHY; COULLING, 1996).

O Diagrama de Pareto é um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas. Serve para visualizar e identificar as causas ou problemas mais importantes.

A análise da curva da porcentagem acumulada pode ser útil para a definição de quantos tipos de defeitos devem ser atacados, para que seja possível atingir certo objetivo de resultado. (ROTONDARO, 2005).

V. Método dos 5 Porquês.

O método dos 5 Porquês é uma abordagem científica, utilizada no sistema Toyota de Produção, para se chegar à verdadeira causa raiz do problema, que geralmente está escondida através de sintomas óbvios (OHNO, 1997). O método consiste em perguntar o porquê de um problema sucessivas vezes, para se encontrar a sua causa raiz. Terner (2008) defende que os 5 por quês é um método importante para a análise de causa raiz, pois permite que através de múltiplos questionamentos se separe a causa do efeito, contribuindo para a construção de hipóteses plausíveis para a causa raiz do problema. Para Pacheco (2009) o método dos cinco porquês auxilia nas decisões a serem tomadas para implementação de um plano de ação de melhorias, ou seja, consiste em uma maneira para estruturação dos pensamentos de forma organizada e materializada, antes da implementação de alguma solução no negócio.

O método dos 5 Porquês prevê que a primeira pergunta, ou seja, o primeiro dos Porquês deve ser construído utilizando o próprio problema, e deve-se responder por quê o problema está ocorrendo. O segundo por quê deve ser construído utilizando a resposta do primeiro por quê. E assim sucessivamente até que se tenha alcançado a causa raiz do problema.

2.1.2 Redução de desperdício

Em um cenário de constantes alterações nos mais variados segmentos da sociedade, que direta ou indiretamente incentivam e intensificam a competitividade dos mercados, as organizações, sobretudo as empresariais, buscam mecanismos para melhorar o desempenho de suas atividades, com o propósito de se manterem atuantes e de prosperarem no mercado.

Os desperdícios são vistos como um problema da indústria em um sistema, como é o processo fabril, qualquer entrada ou saída desnecessária ou indesejada pode ser considerada um desperdício. De acordo com Cantidio (2008), a utilização dos recursos adequados, bem como os desperdícios (com refugo, por exemplo) influenciam diretamente no resultado da produtividade da empresa. Reduzir desperdícios significa aumentar a produtividade (CANTIDIO, 2009). Uma indústria que pretenda conseguir uma redução de custos deve repensar seu processo de fabricação, procurando identificar os desperdícios e, em consequência, as oportunidades de melhorias (CANTIDIO, 2009).

Para conseguir uma redução dos desperdícios de forma significativa e duradoura, torna-se essencial um processo de melhoria contínua que esteja ligado ao total envolvimento da alta direção bem como na cultura das pessoas e da empresa. É necessário promover ações de educação, mudanças comportamentais e físicas, treinamento para os funcionários e toda equipe de apoio da empresa e incluir um programa para valorização das pessoas. Também deve ser destacada a importância do trabalho em equipe e o papel da média chefia que na maioria das vezes está diretamente relacionada com as mudanças.

As falhas devem ser tratadas como desperdícios, visto que insumos consumidos de forma ineficiente e ineficaz, sendo materiais ou produtos defeituosos bem como atividades desnecessárias, são desperdícios (BORNIA, 2002). Desperdícios constituem-se de atividades que frente ao cliente não agregam valor, mas geram gastos de tempo e dinheiro, adicionando custos desnecessários aos produtos.

Diante dos fatos citados anteriormente, como consequência do desperdício tem-se perdas as quais a sociedade é submetida devido ao mau uso de recursos.

2.1.3 Seis Sigma

Segundo Cleto e Quinteiro (2011), Seis Sigma é um programa de melhoria de produtos e processos que surgiu na Motorola no final da década de 1980, esse modelo proporcionou ganhos elevados e prêmios de qualidade à empresa que, por consequência, desses feitos acabou estimulando várias outras a adotarem o referido programa. O método Seis Sigma pode ser definido como um sistema flexível para a liderança e o desempenho dos negócios, e possibilita o alcance de benefícios após a sua implementação.

Para Breyfogle (2003), Seis Sigma é uma metodologia que busca melhoria contínua na satisfação do consumidor e aumento dos lucros, a qual engloba tanto a redução de defeitos como também a melhoria de processos nos negócios em geral.

O Seis Sigma é uma ferramenta de gestão de projetos baseada em metas e objetivos. A terminologia Seis Sigma vem da representação estatística de nível de variabilidade de um processo, ou adequação do processo a uma especificação. O Sigma (σ) é a letra utilizada para representar o desvio padrão de uma distribuição e, quanto menor for o desvio padrão de um processo, mais desvios padrões passam a ser aceitos dentro da especificação. (DONADEL, 2008).

O modelo Seis Sigma é composto por vários métodos de resolução de problemas, alguns deles são:

- a) M-PCpS (*machine-process characterization study*), que é um estudo para a caracterização e otimização de processos, e que visa eliminar perda de tempo e dinheiro;
- b) DFSS (*design for Six*).
- c) DMADV, que contempla as fases definir, medir, analisar, desenhar e verificar;
- d) DMEDI, com as etapas definir, medir, explorar, desenvolver e implementar;
- e) DMAIC, composto pelas etapas: *define* (definir), *measure* (medir), *analyze* (analisar), *improve* (melhorar) e *control* (controlar).

Dos métodos que compõem o Seis Sigma, o mais utilizado atualmente é o DMAIC, uma vez que o mesmo é composto por cinco etapas que possibilitam uma adequada organização da implantação, desenvolvimento e conclusão da maior parte dos projetos (ANDRIETTA; MIGUEL, 2007).

2.1.4 DMAIC

O método DMAIC surgiu com a tarefa de reduzir variações, especialmente em processos de fabricação. Ele possui funções similares aos seus antecessores na resolução de problema de fabricação, tais como o PDCA - *Plan, Do, Check, Action* (Planejar, Fazer, Verificar e Agir) (DE MAST; LOKERBOOL, 2012).

As etapas do DMAIC, segundo Reis (2003), englobam os seguintes objetivos:

D - Definir: definição de oportunidades;

M - Medir: medição dos processos;

A - Analisar: análise de dados e conversão em informações que indiquem soluções (determinação das causas);

I - Melhorar: aperfeiçoamento dos processos e obtenção de resultados;

C - Controlar: manutenção dos ganhos obtidos.

Escobar (1995) afirma que a utilização da metodologia DMAIC para projetos de qualidade implicam não somente na redução dos defeitos, como também no aumento da produtividade, redução de custos, melhoria em processos administrativos, entre outras oportunidades. Este método consiste em cinco etapas que são detalhadas conforme o quadro 1 abaixo:

Quadro 1: Etapas da metodologia DMAIC.

ETAPA	CARACTERÍSTICA
D: <i>Define</i> (Definir)	Na primeira etapa do DMAIC, é identificado o problema e definida a meta do projeto. Através da avaliação do histórico do problema e apresentação de possíveis restrições e suposições. A equipe de trabalho é formada e é definido o cronograma preliminar do projeto.
M: <i>Measure</i> (Medir)	Na segunda etapa do DMAIC, o problema é refinado ou focalizado. A equipe de projeto deverá decidir entre coletar novos dados ou usar dados já existentes. Realiza-se o plano de coleta de dados e com os dados obtidos, a equipe deverá analisar estatisticamente o impacto das várias partes do problema e identificar os problemas prioritários.
A: <i>Analyze</i> (Analisar)	Na terceira etapa, é feita a análise do processo gerador de problema prioritário. São ferramentas úteis para análise: Fluxograma, Mapa de processo, Mapa de produto, Análise do tempo de ciclo, FMEA e FTA. A partir dos resultados dessas ferramentas, são identificadas e organizadas as causas potenciais do problema prioritário.
I: <i>Improve</i> (Melhorar)	Na quarta etapa, inicialmente são geradas ideias de soluções potenciais para a eliminação das causas fundamentais do problema prioritário. Faz-se a análise das ideias e soluções, priorizando as potencias, avaliando e minimizando seus riscos. A partir de então, as soluções são testadas em pequena escala (teste piloto) e analisadas, caso necessite de ajustes ou melhorias para a implementação das soluções em larga escala.
C: <i>Control</i> (Controlar)	Na última etapa do DMAIC, inicialmente é feita uma avaliação do alcance da meta em larga escala. Em caso satisfatório, a próxima ação é padronizar as alterações realizadas no processo em consequência das soluções adotadas e transmitir os novos padrões a todos os envolvidos no processo. Na sequência, define e implementa um plano para monitoramento da performance do processo e do alcance da meta.

Fonte: Elaborada pelo(s) autor(es)

Conforme ilustrado no Quadro 1, pode-se verificar o detalhamento de cada uma das cinco etapas constituintes do método DMAIC.

3 METODOLOGIA

Este estudo classificou-se, quanto aos procedimentos, como uma pesquisa bibliográfica. “A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites” (FONSECA, 2002, p. 32). Utilizando o estudo de caso com a aplicação da metodologia de solução de problemas contido no programa Seis Sigma, método DMAIC, composto pelas etapas: define (definir), measure (medir), analyse (analisar), improve (melhorar) e control

(controlar). O estudo também se classificou, quanto à natureza, como uma pesquisa aplicada, com a finalidade de obter conhecimentos para aplicação prática na resolução de problemas característicos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Para seleção e escolha da empresa, iniciou-se a pesquisa e execução do projeto pelo motivo que um dos integrantes da equipe atua na empresa e, em comum acordo, desenvolveram-se as análises na metalúrgica, objeto de estudo do ramo de componentes automotivos do Vale do Paraíba. Destaca-se que os procedimentos propostos visam a redução de refugos, realizado durante ano de 2020. Para a execução do projeto foi selecionada uma das áreas onde o componente é produzido. Abaixo pode-se verificar o componente final objeto do estudo e que é entregue ao cliente Mercedes Bens do Brasil MBB para realizar a montagem do tanque de ar do modelos de caminhão 1618/1620/1214-L/E-1418.

Figura 2: Suporte Tanque Ar



Fonte: Extra (2020)

Na fase definir utilizou-se o diagrama de Pareto que é um gráfico de fácil visualização que auxilia a identificar quais são os defeitos mais significativos de todos os refugos, indicando os itens que devem ser priorizados e, assim, auxiliando na tomada de decisão.

Como meta para o projeto foi determinado um índice de 15% de refugo, em relação ao volume produzido. Para este trabalho selecionou-se um conjunto de profissionais com participação de representantes das áreas de Engenharia, Produção e Qualidade.

Para tanto, realizou-se *brainstorming* com a equipe envolvida na produção do componente estudado e obteve a indicação dos principais problemas e possíveis causas em que foram selecionadas algumas opções para iniciar a pesquisa de melhoria como demonstra o quadro 2 a seguir:

Quadro 2: Brainstorming realizado com equipe.

SEQ.	BRAINSTORMING	SELECIONADOS
1	CORTE MATERIAL FORA DA MEDIDA ESPECIFICADA EM DT	OK
2	MATERIAL EMPENADO	
3	FALTA DE SIMETRIA BLANK	
4	FALTA DE ACOMPANHAMENTO FREQUÊNCIA DE INSPEÇÃO	
5	TIPO DE CORTE DA TESOURA	OK
6	QUALIDADE MATERIAL	
7	ALTO ÍNDICE DE REFUGO	OK

Fonte: Elaborada pelo(s) autor(es)

Conforme ilustrado no Quadro 2, pode-se verificar o levantamento de todas as informações da equipe envolvida na produção do componente com alto índice de refugo. A Figura 2 a Seguir apresenta o componente defeituoso

Figura 2: Foto da preparação do componente



Fonte: Elaborada pelo(s) autor(es)

Conforme Figura 2, a mesma ilustra o defeito do componente. Todo o refugo da empresa é controlado por meio de um sistema SAP S/4HANA (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados) que pode ser extraído para planilhas eletrônicas (Tabela 1), para identificar as principais causas e equipamentos geradores de refugo.

A tabela 1 a seguir, ilustra quais são os defeitos obtidos no processo da empresa metalúrgica em estudo durante 6 meses de produção e a soma da quantidade desses defeitos.

Tabela 1: Soma de quantidades de defeitos

Defeito/Problema	Quantidade	%	% Acumulado
FORMA (MAL FORMADA)	517	84%	84,1%
FALHA NO RECORTE DA TESOURA	44	7%	91,2%
FORMA (EMPENHO)	35	6%	96,9%
MARCAS DE BATOQUE	12	2%	98,9%
PECA DE REGULAGEM DE MÁQUINA	5	1%	99,7%
DIF NÚMERO TEORICO/REAL PECAS	2	0%	100,0%
Total	615		

Fonte: Elaborada pelo(s) autor(es)

Conforme observou-se na tabela 1, o defeito com o maior número de incidência durante o processo de produção é forma (mal formada) em que durante o levantamento dos dados ocorreu por 517 vezes. Apesar de aparecer outras denominações relacionadas a forma. A área de produção juntamente com a qualidade informou que se trata do mesmo defeito, porém como é informado por vários operadores de turnos alternados e a empresa possui vários códigos de defeitos relacionados ao mesmo problema, cada operador definiu nomes alternados do mesmo defeito. Sendo eles relacionados a forma.

Após o levantamento de dados da soma da quantidade de defeitos, foi elaborado um gráfico de Pareto para melhor visualização dos problemas existentes na produção, conforme gráfico 1 abaixo:

Gráfico 1: Gráfico de Pareto.



Fonte: Elaborada pelo(s) autor(es)

Conforme demonstrado no gráfico 1, comprova-se a teoria de Pareto que 80% das perdas estão em 20% dos problemas e 20% das perdas estão em 80% dos problemas. Pode-se observar que a Forma (mal formada) representa 84% de perda nesse equipamento, com 517 ocorrências. De acordo com a metodologia de aplicação, procurou-se inicialmente, com a pesquisa bibliográfica, obter embasamento teórico sobre o assunto abordado que foi a base para a busca pela eliminação dos desperdícios e, também, pelo aumento de produtividade nas indústrias de todo mundo.

Para o desenvolvimento de pesquisa de estudo de caso, foi selecionada uma empresa metalúrgica, situada no vale do paraíba em que um de seus componentes automotivos destacava-se na lista de itens top 10 de refugo.

A pesquisa foi dividida em etapas: a primeira etapa foi realizada um levantamento de defeitos e gerado um relatório no qual apresentou quais eram os defeitos que a empresa apresentava em seu processo de produção e qual era a quantidade de vezes que esses defeitos aconteciam.

Na segunda, foram analisados os itens de defeitos e correlacionados aos itens de quantidades e na terceira etapa, foi realizado um gráfico de Pareto a fim de identificar e visualizar qual era o defeito com maior número de ocorrências a fim de traçar um plano estratégico para melhoria do processo e redução de refugo do componente em questão.

O passo seguinte, foi o Brainstorming, reunião a fim de levantar ideias para a solução do problema. O “brainstorming baseia-se no princípio: ‘quanto mais ideias, melhor’” BAXTER (2008, p. 68). Após a realização das etapas anteriores, escolheu-se aplicar a ferramenta DMAIC para encontrar qual a melhor alternativa de melhoria para o processo de produção.

Na Etapa Definir realizou-se a estratificação dos dados informando os defeitos por turno e setor de processo, conforme demonstrado na tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Estratificação de defeitos por turno e setor.

DESCRIÇÃO DOS DEFEITOS	2 TURNO		1 TURNO	
	PRENSA	TESOURA	PRENSA	TESOURA
PEÇA DE REGULAGEM DE MÁQUINA			5	
MARCAS DE BATOQUE	12			
FORMA (MAL FORMADA)		241		276
FORMA (EMPENHO)				35
FALHA NO RECORTE DA TESOURA	44			
DIF NÚMERO TEORICO/REAL PECAS	2			
TOTAL GERAL		299		316

Fonte: Elaborada pelo(s) autor(es)

Assim foi possível visualizar os números de não conformidades por setor e turno através dos defeitos registrados na tabela 2, em que facilitou a visualização do defeito principal que está relacionado a forma e torção do *blank* e em qual turno e setor está com maior problema.

Na Etapa Medir após analisar a tabela de estratificação de defeitos com base em pesquisas relacionadas à forma e à torção do *blank*, buscando todas as possíveis causas que acarretavam este número elevado de não conformidade e inseriu-se um controle de apontamentos de refugo, testes no início do processo e durante o processo de conformação e catalogação de todos os defeitos que ocorreram durante a produção

Com auxílio do Diagrama de Ishikawa foi possível constatar as principais causas que resultam nos defeitos apresentados no componente no sistema de preparação e corte do *blank* e processamento e estampagem das peças, para verificar onde está gerando o refugo, se é no início da preparação do material ou durante o processo de conformação. A seguir, a Figura 3 apresenta o Diagrama de Ishikawa.

Figura 3: Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Elaborada pelo(s) autor(es)

Na etapa analisar avaliou-se todas as possibilidades com as propostas: cotação de preço para compra de uma nova máquina de corte com sistema de guilhotina valor R\$198.000,00 e cotação de R\$160,00 por hora de trabalho para externar o corte da preparação do material em uma beneficiadora de materiais de aços planos para melhorar a qualidade, sendo realizado o teste corte laser do material com cotação R\$ 240,00 por hora de trabalho e a possibilidade de modificar o tipo de corte do material para sistema de guilhotina com recursos da própria empresa porém, em outra área e, assim, constatou-se uma melhoria que mais se ajustou às necessidades de produção do componente afim de eliminar o alto índice de refugo com o menor investimento possível.

Para isso, elaborou-se a matriz de esforço e impacto conforme indicado na tabela 3 abaixo:

Quadro 3: Matriz de esforço x impacto.

		MATRIZ DE ESFORÇO X IMPACTO	
		BAIXO	ALTO
IMPACTO	ALTO	<p>1 - ALTERAR ÁREA RESPONSÁVEL DE PREPARAÇÃO CORTE.</p> <p>2 - ALTERAR SISTEMA DE CORTE DE TESOURA PARA GUILHOTINA.</p>	<p>3 - EXTERNAR CORTE DE <i>BLANK</i> BENEFICIADORA AABREU.</p> <p>4 - ALTERAR PARA CORTE LASER.</p> <p>5 - ADQUIRIR EQUIPAMENTO SISTEMA CORTE GUILHOTINA</p>
	BAIXO		
		BAIXO	ALTO
		ESFORÇO	

Fonte: Elaborada pelo(s) autor(es)

De acordo com o quadro 3, pode-se verificar a priorização de atividades. A Matriz Esforço x Impacto é dividida em quatro quadrantes, sendo as atividades divididas entre eles de acordo com o tempo gasto em cada ação e com o impacto que ela trará. A matriz possui dois eixos principais: o eixo vertical e o horizontal. O primeiro, referente ao impacto, leva em consideração fatores como eficiência, lucro, vendas e satisfação do cliente. Já o eixo horizontal, referente ao esforço, leva em conta fatores como recursos financeiros, tempo gasto em cada atividade e o número de pessoas envolvidas.

Na Etapa melhorar aplicou-se a técnica dos cinco porquês.

Os 5 Porquês são muito utilizados para problemas mais simples no dia a dia, com causas diretas. O método pode ser aplicado a qualquer momento, sem que haja a necessidade de análises estatísticas

Problema: Alto índice de refugo.

Por que a produção do componente está com alto índice de refugo? Porque o *blank* está com torção.

Por que o *blank* está com torção? Porque sistema de corte de tesoura torce o *blank*.

Por que sistema de corte tesoura torce o *blank*? Por causa do sistema de atuação do corte da navalha torce o *blank*.

Por que sistema de atuação do corte da navalha torce o *blank*? Porque dimensão de 30mm espessura 4mm do *blank* não é compatível com equipamento.

Nesta etapa após identificou-se a causa raiz, para a qual foram realizados alguns testes com material preparado na máquina com sistema de corte de tesoura que fica na mesma área e gerência em que é fabricado e processado o componente o qual continuou o mesmo problema gerando refugo na produção, também realizou-se o mesmo teste em outra área da empresa representado por outra gerência que possui sistema de corte guilhotina em que obtive-se resultado satisfatório eliminando o refugo durante o processo de produção e também foi realizado o teste com material preparado em corte laser na mesma empresa porém, em outra área de produção com gerencia diversa das citadas anteriormente e também com resultado satisfatório durante o processo de produção.

Durante os testes identificou-se que o material preparado no corte laser e corte sistema guilhotina não apresentava refugo durante processo de produção e quando realizado o teste com material preparado sistema de corte em tesoura ocorreu um alto índice de refugo no processo de produção.

Figura 4: Foto da preparação do componente após a melhoria implantada



Fonte: Elaborada pelo(s) autor(es)

Conforme a Figura 4, a mesma ilustra o componente no início do processo de produção, após a implantação da melhoria já realizando o corte em máquina com sistema de corte em guilhotina, a mesma está em perfeita condição de processo sem problema de torção no *blank*.

E por fim, na etapa controlar, realiza-se um controle com coleta de dados para avaliar se a melhoria foi alcançada e se sim, o quanto a mesma trouxe de redução de refugo e outros benefícios.

Quadro 4: Apresentação dos dados da melhoria no ano de 2020.

MÊS	QTD PRODUÇÃO	PERCENTUAL REDUÇÃO	QTD	VALOR PEÇA	VALOR GANHO	PESO (Kg)	VENDA SUCATA	VALOR SUCATA	VALOR REDUÇÃO
Janeiro	576	17%	98	R\$ 14,05	R\$ 1.375,78	1,3	R\$ 1,00	R\$ 127,30	R\$ 1.248,48
Fevereiro	317	17%	54	R\$ 14,05	R\$ 757,15	1,3	R\$ 1,00	R\$ 70,06	R\$ 687,10
Março	541	17%	92	R\$ 14,05	R\$ 1.292,18	1,3	R\$ 1,00	R\$ 119,56	R\$ 1.172,62
Abril	120	17%	20	R\$ 14,05	R\$ 286,62	1,3	R\$ 1,00	R\$ 26,52	R\$ 260,10
Mai	950	17%	162	R\$ 14,05	R\$ 2.269,08	1,3	R\$ 1,00	R\$ 209,95	R\$ 2.059,13
Junho	1100	17%	187	R\$ 14,05	R\$ 2.627,35	1,3	R\$ 1,00	R\$ 243,10	R\$ 2.384,25
								VALOR TOTAL:	R\$ 7.811,67

Fonte: Elaborada pelo(s) autor(es)

Conforme o quadro 4 pode-se verificar o quanto foi benéfico a melhoria para empresa, após a melhoria implantada e o registro e controle da produção na carta de controle, extraindo-se os dados para evidenciar os ganhos obtidos.

Pode-se verificar a quantidade produzida mensalmente e o percentual de redução adquirido com melhoria com o valor monetária mensal e total.

O cálculo da redução foi elaborado pelos autores juntamente com área de contabilidade da empresa para registro do ganho e evidencia para área geradora da redução.

Como foi realizado o cálculo? Produção do mês multiplicado pelo percentual de redução tem-se a quantidade de peças que deixaram de ser refugadas. Após multiplica-se a quantidade de peças que deixaram de ser refugo pelo valor unitário da peça tem-se o valor monetário do ganho.

Para encontrar o valor real da redução e ganho da empresa foi necessário verificar o peso unitário da peça e o valor de venda da sucata por quilograma (Kg).

Cálculo do valor real da redução: primeiro busca-se que saber o valor da sucata referente a quantidade em que se teria refugo. Para isso, multiplica-se valor do quilograma com o peso unitário da peça e após multiplicado pela quantidade de peças que seriam refugadas.

Então, em seguida tem-se o valor monetário da sucata, este valor a empresa recuperava com a venda. Para obter o valor real da redução se utiliza o valor monetário do ganho total menos o valor monetário da sucata e encontra-se o valor real da redução.

3.1 Análise e discussão dos resultados

O presente estudo propôs a utilização do método DMAIC para redução de refugo de uma empresa metalúrgica, localizada no vale do Paraíba.

Para alcançar o objetivo geral de como que uma empresa pode minimizar o desperdício reduzindo refugo na produção e atingir o objetivo específico de reduzir ou eliminar o refugo e identificando as ferramentas de gestão de qualidade utilizadas no processo produtivo da metalúrgica.

Após seguir todas as etapas do método DMAIC e ao final se descobre a causa raiz e zerar o percentual de refugo através da alteração do equipamento com sistema de corte em tesoura para um sistema de corte em guilhotina.

Conforme evidenciado com apresentação da tabela de cálculos e o controle de produção durante 6 meses verifica-se ganho de 17% de redução de custo na produção do componente gerando assim uma grande melhora no atendimento e produção do componente.

Com essa condição, além da eliminação do refugo também se obtém redução da área reservada, para armazenamento de produtos refugados reduzindo custos de armazenagem e logística.

Com a aplicação da ferramenta DMAIC houve a estabilização dos indicadores de qualidade e eliminação do refugo, superando o objetivo principal do trabalho que inicialmente era reduzir 15% do refugo para a eliminação de 100% do refugo equivalendo a 17% redução de custos do processo.

CONCLUSÃO /CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de um cenário de mercado cada vez mais competitivo, as empresas têm buscado constantemente otimizar o uso dos recursos produtivos e ampliar os lucros.

As empresas do setor de metalurgia e transformação geram produtos com elevado valor agregado, que necessitam de programas de qualidade, para auxiliar a indicação e gerenciamento de índices de refugos.

No caso analisado, o objetivo inicial foi alcançado com êxito, aumentando a eficiência da produção do componente e com a modificação do sistema de preparação do componente e adequação do processo de produção consequentemente, redução de custo da produção.

A qualidade de um produto possui relação direta com as condições em que é produzido, fazendo-se necessária a preocupação com o desempenho dos processos produtivos. Para tanto o DMAIC se mostrou eficaz como roteiro para alcançar o resultado de redução de refugo.

Independentemente dos resultados alcançados, antes de tudo, este trabalho certamente atingiu seu objetivo primordial, estudar e aplicar de forma estruturada uma metodologia relacionada à Gestão de Produção.

A Empresa pode avaliar as novas possibilidades de aplicação do resultado obtido em novos itens por processo de similaridade que por sua vez será avaliado pela equipe de engenharia responsável por desenvolvimento de novos produtos.

Conclui-se que o método de resolução de problemas DMAIC é eficiente na solução de não conformidades e auxilia no alcance dos objetivos organizacionais. Por esta razão, o método é sugerido para futuros estudos, visando o aprofundamento do mesmo em outras empresas do vale do Paraíba.

REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. **Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: gestão da produção**. São Carlos, 2007. Disponível em: revista.feb.unesp.br. Acesso em: 22 Fevereiro 2020.

ARAUJO, Luiz César G. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional: arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total, reengenharia**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2002, v. 1. Disponível em: <http://www.spositoonline.com.br/imagens/professor/tcc>. Acesso em: 24 Fevereiro 2020.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: Guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2008. Disponível em: <https://www.maxandriani.art.br/2012/10/24/criatividade-e-geracao-de-ideias-brainstorming-ou-tempestade-de-ideias/>. Acesso em: 12 Março 2020.

BORNIA, Antônio Cezar. **Análise gerencial de custos em empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2002. Disponível em: anaiscbc.emnuvens.com.br. Acesso em: 12 Março 2020.

BREYFOGLE, F.W. III. **Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods**. 2ª Ed. New York, NY: John Wiley & Sons, 2003. Disponível em: www.tcc.sc.usp.br. Acesso em: 21 Março 2020.

BROPHY, Peter. COULLING, Kate. **Quality Management for Information and Library Managers**. Brookfiel: Aslib Gower, 1996. Disponível em: www2.ufersa.edu.br. Acesso em: 23 Setembro 2020.

BROWN, T., 2010. **Design thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias**. Traduzido do inglês por Cristina Yamagami. Rio de Janeiro: Elsevier editora. Disponível em:

https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/21798/2/330%20_%20ORIGINAL.pdf.
Acesso em: 30 Outubro 2020.

CANTIDIO, S. **Melhoria de Produtividade através da redução de custos**. 20 dez. 2008.
Disponível em: Acesso em: 21 Março. 2020.

CANTIDIO, S. **Reduzir os desperdícios para melhorar a produtividade**. 13 mai. 2009.
Disponível em: Acesso em: 21 Março. 2020.

CARVALHO, M.M de.; PALADINI E.P. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro, RJ, Elsevier, 2005, Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3103/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 09 Março 2020.

CLETO, M. G.; QUINTEIRO, L. **Gestão de projetos através do DMAIC: um estudo de caso na indústria automotiva**. Produção Online, Universidade Federal do Paraná. V. 11. Nº 01: março de 2011. Disponível em: revista.feb.unesp.br. Acesso em: 22 Fevereiro 2020.

D'AVILLAR, Priscila. **O que a matriz esforço x impacto pode fazer por você e pelo seu trabalho? 2018**. Disponível em: < <https://dinamicatreinamentos.com/blog/conheca-a-matriz-deesforco-e-impacto/>> Acesso em: 28 Setembro 2020.

DE MAST, J.; LOKKERBOL, J. *An analysis of the six sigma DMAIC method from the perspective of problem solving*. International Journal of Production Economics, 2012. Disponível em: revista.feb.unesp.br. Acesso em: 22 Fevereiro 2020.

DONADEL, Daniel C. **Aplicação da metodologia DMAIC para redução de refugo em uma indústria de embalagens**. São Paulo, 2008. Disponível em: http://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/files/2014/09/2011_3_Douglas.pdf. Acesso em: 22 Fevereiro 2020.

DUTRA, René Gomes. **Custos uma abordagem prática**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. Disponível em: <http://www.uces.br/etc/conferencias/index.php/mostraucsppga/xvimostrappga/paper/viewFile/4709/1657>. Acesso em: 24 Fevereiro 2020.

ESCOBAR, A. (1995). *Encountering development: The making and unmaking of the Third World*, Princeton: Princeton University Press. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/se/v25n2/11.pdf>. Acesso em: 02 Maio 2020.

EXTRA – Acessórios automotivos. Disponível em: <https://www.extra.com.br/automotivo/Motor/Pecas-para-Motor/suporte-tanque-ar-3844307110-mercedes-14289160.html?IdSku=14289160>. Acessado em: 22 Fevereiro 2020.

FARIA, A.F.; MOTA, E.M.; VIEIRA, J.G.V. **Gestão por processos aplicada em uma incubadora de empresas de base tecnológica**. IV Emepro – Encontro Mineiro de Engenharia de Produção – Ouro Preto, MG, 2008. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3103/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 09 Março 2020.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7890/1/PG_CEEP_2016_1_16.pdf. Acesso em: 21 Março 2020.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Orgs.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em:

http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7890/1/PG_CEEP_2016_1_16.pdf.
Acesso em: 21 Março 2020.

MUNIZ JUNIOR, J. (2012). **Administração da Produção**. Curitiba: Iesde Brasil. Disponível em: <https://siteantigo.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/administracao/gestao-da-producao-organizacao-planejamento-e-controle-da-producao/56115>. Acesso em: 13 Fevereiro 2020.

MAÑAS, Antônio Vico; e outros. **Gestão Estratégica de Negócios: Evolução, Cenários, Diagnósticos e Ação**. 2ª ed. Revista e ampliada. São Paulo: Cengage Learning, 2011. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/mostraucsppga/xvimostrappga/paper/viewFile/4709/1657>. Acesso em 05 Março 2020.

MARTINS, MÁRLON. **Esforço x Impacto: o que é e para que serve?** 13/02/2019. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/matriz-esforco-impacto>. Acesso em: 26 Setembro 2020.

MARTINS, P. G; LAUGENI, F. P. **Administração de produção**. São Paulo: Editora Saraiva, 2002. Disponível em: <http://www.holdenrh.com.br/resources/uploads/artigos/5c0fb45d42658444630ae031c0c49842.pdf>. Acesso em: 09 Março 2020.

MONTGOMERY, D. C., **Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 513 p. Disponível em: <http://pro.poli.usp.br/wp-content/uploads/2012/pubs/aplicacao-da-metodologia-dmaic-para-reducao-de-refugos-em-uma-industria-de-embalagens.pdf>. Acesso em: 24 Fevereiro 2020.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. Disponível em: www2.ufersa.edu.br. Acesso em: 23 Setembro 2020.

MOREIRA, D. A. (2012). **Administração da Produção e Operações (Vol. 2)**. São Paulo: Cengage Learning. Disponível em: <https://siteantigo.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/administracao/gestao-da-producao-organizacao-planejamento-e-controle-da-producao/56115>. Acesso em: 13 Fevereiro 2020.

OAKLAND, J. S. **Gerenciamento da qualidade total**. São Paulo: Nobel, 1994. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2001_tr104_0806.pdf. Acesso em: 23 Setembro 2020.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_stp_177_013_22927.pdf. Acesso em: 03 Março 2020.

OSBORN, A., 1987. **O poder criador da mente: princípios e processos do pensamento criador e do “brainstorming”**. Traduzido por E. Jacy Monteiro. São Paulo: Ibrasa editora. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/55622453.pdf>. Acesso em: 23 Setembro 2020.

PACHECO, D. **Estudos de administração judiciária: reflexões de magistrados sobre a gestão do Poder Judiciário**. Porto Alegre: HS Editora, 2009. Disponível em Acesso em 30 Outubro 2020.

PADOVEZE, Clovis Luis. **Contabilidade gerencial: um enfoque em sistema de informação contábil.** São Paulo: Atlas, 2006. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/mostraucsppga/xvimostrappga/paper/viewFile/4709/1657>. Acesso em 03 Março 2020.

PALADINI, E.P. **Gestão estratégica da qualidade – princípios, métodos e processos.** São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_sto_114_751_16042.pdf. Acesso em: 28 Novembro 2020.

PARIS, Wanderson S. **Material de apoio dos seminários - Ferramentas da Qualidade.** Curitiba, 2002. Disponível em: <http://torresnetworking.com/Ibpex/Ferramentas_da_Qualidade.pdf>. Acesso 28 Setembro 2020.

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência.** 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/mostraucsppga/xvimostrappga/paper/viewFile/4709/1657>. Acesso em: 03 Março 2020.

PRAHALAD, 2010, **Grifo Nosso.** Disponível em: <https://administradores.com.br/artigos/o-processo-de-transformacao-input-e-output-entrada-e-saida>. Acesso em: 13 Fevereiro 2020.

REIS, D. F. **Seis Sigma: um estudo aplicado ao setor eletrônico.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre, 2003. Disponível em: revista.feb.unesp.br. Acesso em: 22 Fevereiro 2020.

RISSI, L. A. **Aplicação da metodologia 6 sigma para resolução do problema da falta de acurácia no estoque de uma empresa.** TCC, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180830/tce-31052010-094813/publico/Rissi_Leandro_Antonio.pdf>. Acesso 28 Setembro 2020.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da produção e operações.** 2º e. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2004. Disponível em: <http://www.holdenrh.com.br/resources/uploads/artigos/5c0fb45d42658444630ae031c0c49842.pdf>. Acesso em: 09 Março 2020.

ROTONDARO, R. G., MIGUEL, P. A. C., FERREIRA, J. J. A. **Gestão da qualidade.** Rio de Janeiro: Campus, 2005. Disponível em: https://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/files/2014/09/2009_1_. Acesso em: 30 Outubro 2020.

SAMOHYL, Roberto W. **Controle estatístico de processos e ferramentas da qualidade.** In: CARVALHO, Marly M; PALADINI, Edson P. (Orgs.) *Gestão da Qualidade: Teoria e casos.* Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. Disponível em: www2.ufersa.edu.br. Acesso em: 23 Setembro 2020.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo. 2ª ed. Atlas, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/272861861_Projeto_de_Reducão_do_Desperdício_de_Materia-Prima_Estudo_de_Caso_na_Industria_de_Embalagens_de_Papel_no_Brasil. Acesso em: 12 Março 2020.

TERNER, G.L.K. **Avaliação da aplicação dos métodos de análise e solução de problemas em uma empresa metalmecânica.** Porto Alegre, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia

de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/23437/23437.PDF>. Acesso em: 03 Abril 2020.

VERGUEIRO, Waldomiro. **Qualidade em serviços de informação**. São Paulo: Arte & Ciência, 2002. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2001_tr104_0806.pdf. Acesso em: 23 Setembro 2020.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1998. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2001_tr104_0806.pdf. Acesso em: 23 Setembro 2020.