

METODOLOGIA SEIS SIGMA: UM ESTUDO DE CASO APLICADO UTILIZANDO O CICLO DMAIC PARA MINIMIZAR DESPERDÍCIOS NO PROCESSO DE MANUFATURA

HIGOR CAIQUE DE JESUS SILVA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO - IFSP CAMPUS BOITUVA

FABIANNE ROBERTA DE ARAÚJO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

Introdução

A competitividade é um dos pilares para a sobrevivência das empresas em meio ao cenário cada dia mais inconstante, onde as preferências dos clientes podem facilmente mudar e impactar em toda uma cadeia de fornecimento. A qualidade dos produtos ofertados é um fator qualificador no mercado, se as expectativas do consumidor não são atendidas, a empresa simplesmente estará “fora do páreo”.

Problema de Pesquisa e Objetivo

O objetivo inicial era minimizar desperdícios ao longo dos seus processos, chegando ao produto acabado com o mínimo possível de refugos e perdas. O nome atribuído foi Six Sigma (Seis Sigma - 6 σ), nome dado em referência ao uso de seis desvios-padrões para a sua medição, pode-se inferir que o foco da metodologia é o controle, usando ferramentas estatísticas. O uso desta metodologia que proporciona alto nível de eficácia, contribuindo para o desenvolvimento da qualidade em organizações de diversos portes e setores distintos.

Fundamentação Teórica

O Seis Sigma, é um método organizado e sistemático, que visa aumentar expressivamente a performance e lucratividade das organizações em curto espaço de tempo. A metodologia permite o gerenciamento de processos por completo, gerando dados quantitativos e qualitativos a partir das ferramentas de gestão utilizadas e a participação fundamental dos colaboradores para melhor análise e impacto dos resultados, (DOMINGUES; MENDONCA, 2016).

Metodologia

A metodologia utilizada no presente artigo é composta por pesquisa bibliográfica e exploratória de cunho qualitativo e quantitativo. A pesquisa bibliográfica fundamentou-se em fontes de informações extraídas de base de dados, artigos e livros que citam a metodologia Seis Sigma e ferramentas aplicadas a gestão da qualidade para análises e melhoria de processos.

Análise dos Resultados

Etapa 1 - Definir: a fase definir tem como objetivo principal a definição do escopo do projeto, identificar os processos que estão gerando anomalias e assim definir os objetivos e metas. Etapa 2 – Medir: Na segunda etapa foi realizado a crono análise, que consiste no estudo de tempo e movimentos de uma linha de produção através de medidores de tempo gerando assim o tempo médio necessário para realizar as devidas tarefas

Conclusão

O valor investido foi R\$ 5.500,00, um investimento pequeno gerou uma economia de R\$ 2.500,00, ou seja 45,45% do valor já se “pagou” no primeiro mês. A partir do segundo mês deu-se início a uma economia média mensal de R\$ 7.200,00, gerando assim uma economia média anual de R\$ 86.400,00, o que representa uma economia de 15 vezes o valor inicialmente investido.

Referências Bibliográficas

COSTA, Rosely; SOUZA, Armando; REBELO, Sandy. A abordagem lean healthcare em serviços de saúde: uma revisão sistemática da literatura. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, 2020. DOMINGUES, Juliana Lopes; MENDONCA, Cynara Moreira Tinoco. Aplicação da metodologia Seis Sigma em uma indústria de lácteos. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, 2016. SELLEME, Robson; STADLER, Humberto, Controle da qualidade. As ferramentas essenciais. 1ª Edição, Curitiba PR, 2012.

Palavras Chave

MELHORIA CONTÍNUA, SEIS SIGMA, DMAIC

METODOLOGIA SEIS SIGMA: UM ESTUDO DE CASO APLICADO UTILIZANDO O CICLO DMAIC PARA MINIMIZAR DESPERDÍCIOS NO PROCESSO DE MANUFATURA

1 INTRODUÇÃO

A competitividade é um dos pilares para a sobrevivência das empresas em meio ao cenário cada dia mais inconstante, onde as preferências dos clientes podem facilmente mudar e impactar em toda uma cadeia de fornecimento. A qualidade dos produtos ofertados é um fator qualificador no mercado, se as expectativas do consumidor não são atendidas, a empresa simplesmente estará “fora do páreo”. Neste contexto, a busca pela melhoria contínua nos processos internos das organizações tornou-se uma condição essencial para a sobrevivência. Este processo iniciou de melhoramento, iniciou-se na primeira revolução industrial, quando houve a substituição do trabalho artesanal pela produção em lotes e com uso de máquinas, iniciando o processo de padronização da produção e assim garantindo uma menor variabilidade nos itens ofertados.

Esta primeira revolução, motivada pelo advento da máquina a vapor, deu início a uma busca contínua e acelerada pela, sendo seguida por uma segunda onda (revolução industrial) motivada pelo uso industrial da energia elétrica e máquinas mais modernas para a época. A terceira revolução ocorreu quando se deu a substituição gradual da mecânica analógica pela digital. Nos dias atuais, nos encontramos na quarta revolução que se iniciou no ano de 2011, quando houve aumento pela busca e utilização de todas as tecnologias disponíveis, com o objetivo de maximizar conhecimentos e produtividade, (SILVA,2020).

Diante de tantas mudanças e avanços tecnológicos e teórico, as empresas passaram a selecionar ferramentas para melhorar a sua gestão e por consequência seus resultados. Muitas teorias surgiram, muitos modelos foram experimentados e entre as várias possibilidades, uma se destaca pelo uso de abordagens quantitativas e qualitativas, sendo amplamente usada em vários segmentos e com resultados benéficos. Este método nasceu na empresa Motorola, nos anos 80, desenvolvida inicialmente pelo engenheiro Bill Smith. O objetivo inicial era minimizar desperdícios ao longo dos seus processos, chegando ao produto acabado com o mínimo possível de refugos e perdas. O nome atribuído foi Six Sigma (Seis Sigma - 6σ), nome dado em referência ao uso de seis desvios-padrões para a sua medição, pode-se inferir que o foco da metodologia é o controle, usando ferramentas estatísticas. O uso desta

metodologia que proporciona alto nível de eficácia, contribuindo para o desenvolvimento da qualidade em organizações de diversos portes e setores distintos.

Uma das premissas do Seis Sigma é a redução de desperdícios, com a diminuição ou extinção de atividades que não agregam valor ao produto que será consumido pelo cliente final. Nesse sentido, o presente artigo tem por objetivo apresentar por meio de um estudo de caso, a aplicação do Seis Sigma, alicerçada pelo método DMAIC e ferramentas da qualidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

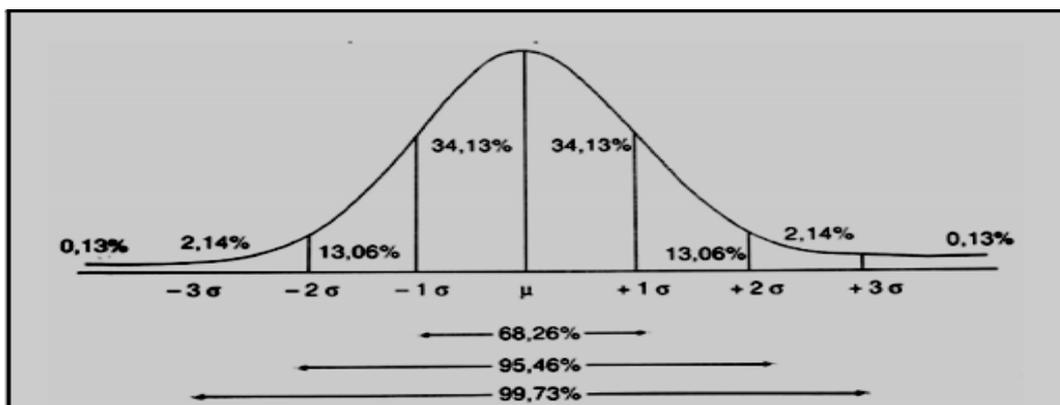
Aqui são apresentados os principais tópicos teóricos que servirão para embasar a pesquisa, como a metodologia Seis Sigma, Ciclo PDCA, DMAIC e demais ferramentas que auxiliam o estudo.

2.1 Metodologia Seis Sigma

O Seis Sigma, é um método organizado e sistemático, que visa aumentar expressivamente a performance e lucratividade das organizações em curto espaço de tempo. A metodologia permite o gerenciamento de processos por completo, gerando dados quantitativos e qualitativos a partir das ferramentas de gestão utilizadas e a participação fundamental dos colaboradores para melhor análise e impacto dos resultados, (DOMINGUES; MENDONCA, 2016).

Segundo Werkema (2013), o conceito Seis Sigma é medir o desempenho do processo calculando a quantidade de sigmas (σ), ou seja, desvios-padrões, existentes até ocorrer a identificação do defeito pelo cliente, buscando minimizar a insatisfação e reduzir os custos inerentes aos defeitos. A Figura 1 apresenta o gráfico que representa as variações na metodologia Seis Sigma. A maior concentração de valores se encontra em torno da média e conforme vai se distanciando os valores caem sistematicamente, sendo assim a distância entre a linha central e o ponto de inflexão é denominada Sigma, o desvio padrão.

Figura 1 – Desvio padrão



Fonte: Finamore (2008)

Um processo será considerado com nível Seis Sigma, quando não gerar mais de 3,4 PPM (Partes Por Milhão) de defeitos. Ou seja, para manter o nível Six Sigma a empresa terá como limite superior somente 3,4 peças defeituosas a cada milhão de peças produzidas. Abaixo, na Tabela 1, podemos observar a relação entre os Níveis de Qualidade, PPM e Conformidade.

TABELA 1 - Nível de qualidade Seis Sigma

Nível da Qualidade	PPM	% Conformidade
1 Sigma	691,463	30,85%
1,5 Sigma	500.000	50,00%
2 Sigma	308.537	69,15%
3 Sigma	66.807	93,32%
4 Sigma	6.210	99,38%
5 Sigma	233	99,97%
6 Sigma	3,4	100,00%

Fonte: Adaptado de Werkema (2012)

2.2 Ciclo DMAIC

Segundo Werkema (2013) a Metodologia Seis Sigma segue o modelo DMAIC, que garante uma sequência ordenada, lógica e eficaz no gerenciamento dos projetos. Este método é uma derivação, do ciclo PDCA, que consiste em uma ferramenta que se propõe a buscar a melhoria contínua através de um ciclo de ações sequenciadas previstas por Deming: P (Plan) – Planejar, D (Do) – Fazer / Executar, C (Check) – Checar e A (Act) – Atuar. Este método consiste num encadeamento de ações iniciadas pelo processo de planejar todas as ações possíveis e viáveis com base em informações sobre o tema a ser tratado, executar o que foi planejado e controlar se o resultado esperado foi obtido. Este processo de checagem, leva a dois possíveis caminhos: a) quando o objetivo não é alcançado, volta-se a etapa de

planejamento para a definição de novas ações e segue-se novamente a sequência; b) quando o objetivo é alcançado, a Ação tomada será a padronização do processo.

Já o ciclo DMAIC, pode ser entendido como um detalhamento formalizado do PDCA, e aplicado em cinco fases relacionadas ao seu próprio nome. São elas: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. Essas fases objetivam sistematizar o entendimento dos problemas de forma metódica e disciplinada. Há semelhanças entre ambos os ciclos, entretanto o ciclo DMAIC apresenta uma etapa a mais com nomenclaturas no qual se difere do PDCA, como podemos visualizar a comparação no quadro 1.

QUADRO 1 – PDCA x DMAIC

P	Identificar o problema	D
	Análise do fenômeno	M
	Análise do processo	A
	Elaborar plano de ação	I
D	Executar plano de ação	
C	Verificar conformidade	C
A	Padronizar e concluir o processo	

Fonte: Os autores

Cada parte do ciclo, possui um objetivo distinto e assim, para cada etapa é utilizada uma ou mais ferramentas específicas para melhorar o desenvolvimento e compreensão do problema, conforme o quadro 2.

QUADRO 2 – conceitos do ciclo DMAIC

Etapa	Objetivo	Ferramentas utilizadas
Definir (D)	Nessa fase o principal objetivo é definir o escopo do projeto com bastante precisão, para identificar o processo gerador de problema e definindo a principal meta.	• Project charter
		• Crono análise
Mensurar (M)	Análise quantitativa dos dados históricos, e levantamento de hipóteses de potenciais causas.	• Diagrama de Ishikawa
		• Mapa de processo
Analisar (A)	Identifica a causa raiz do problema a partir dos dados coletados.	• Brainstorm
		• Diagrama de Pareto
Melhorar (I)	Fase em que é proposto melhorias para a causa raiz, unindo boas práticas de mercado, ferramentas de qualidade e a força dos colaboradores presentes no processo.	• Boxplot
		• Estratificação
		• 5W2H
Controlar (C)	Monitora e garante que as melhorias propostas vão ser implementadas e gerar o resultado esperado.	• Cartas de controle

Fonte: Os autores

2.3 Ferramentas da qualidade aplicadas ao DMAIC

As ferramentas da qualidade compõem um acervo de apoio aos mais diversos tipos de análise no meio organizacional no meio organizacional, nos tópicos a seguir serão discriminadas parcialmente ferramentas utilizadas para realizar o estudo apresentado.

- a) Fluxograma: representação visual de como o processo ocorre, seus pontos de entrada, saída, decisões e até mesmo documentações geradas;
- b) 5 Porquês: A técnica dos 5 Porquês surgiu na década de 30 e foi criada por Sakichi Toyoda, fundador das Indústrias Toyota. Desde o seu surgimento, a ferramenta vem sendo muito utilizada devido a sua **simplicidade e eficiência**. Consiste que para cada causa potencial se questiona o porquê desta e para cada resposta, se faz a pergunta novamente, até que se ache a causa raiz, o que normalmente acontece em até 5 rodadas de perguntas (AFONSO; ROCCO; FRANCISCATO, 2015).
- c) Diagrama de Pareto: foi desenvolvido na década de 80 concebido pelo economista italiano Vilfredo Pareto, no qual se propôs a estudar e descrever a distribuição desigual das riquezas no país. Como resultado dos seus estudos, Pareto chegou à conclusão da relação 80/20 no qual estabelece que 80% dos resultados se originam de apenas 20% das causas.
- d) Diagrama de Ishikawa: na década de 1950 Ishikawa consolidou estudos e desenvolveu a ferramenta conhecida como, 6Ms, Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe. Que tem como objetivo principal a identificação de possíveis causas que geram um efeito indesejado, através de seus eixos principais, Método, Máquina, Mão-de-obra, Material, Medida e Meio ambiente, (ROSA; BAZONI; ARAUJO; SIMÕES, 2020).
- e) 5W2H: ferramenta 5W2H, ou 5W1H (quando não se considera o custo), é composta através de perguntas com iniciais W e H utilizadas na língua inglesa e tem como objetivo gerar respostas para resolução de problemas, (SELEME; STADLER, 2012). Em geral são organizadas em tabelas e distribuídas por linhas onde cada situação deverá ser analisada por cada uma das perguntas. É comum se utilizar o uso de “faróis” (sinalizadores visuais) com status de cada questão apresentada, conforme o quadro 3.

QUADRO 3 – conceitos do ciclo DMAIC

5W	What?	O que deve ser feito?
	Why?	Porque deve ser feito?
	When?	Quando deve ser feito?
	Who?	Quem fará?
	Where?	Onde será feito?
2H	How?	Como será feito?
	How much?	Quanto custará?

Fonte: Os autores

f) *Brainstorming*: também conhecido como “tempestade de ideias” é utilizado para propor soluções a um problema específico. Consiste em realizar uma reunião com participantes de diversas áreas que possuem relação direto ou indireta com o problema, onde devem ter liberdade para expor sugestões para a solução do problema proposto. De forma a se hierarquizar as melhores soluções sem pressões ou censuras.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente artigo é composta por pesquisa bibliográfica e exploratória de cunho qualitativo e quantitativo. A pesquisa bibliográfica fundamentou-se em fontes de informações extraídas de base de dados, artigos e livros que citam a metodologia Seis Sigma e ferramentas aplicadas a gestão da qualidade para análises e melhoria de processos.

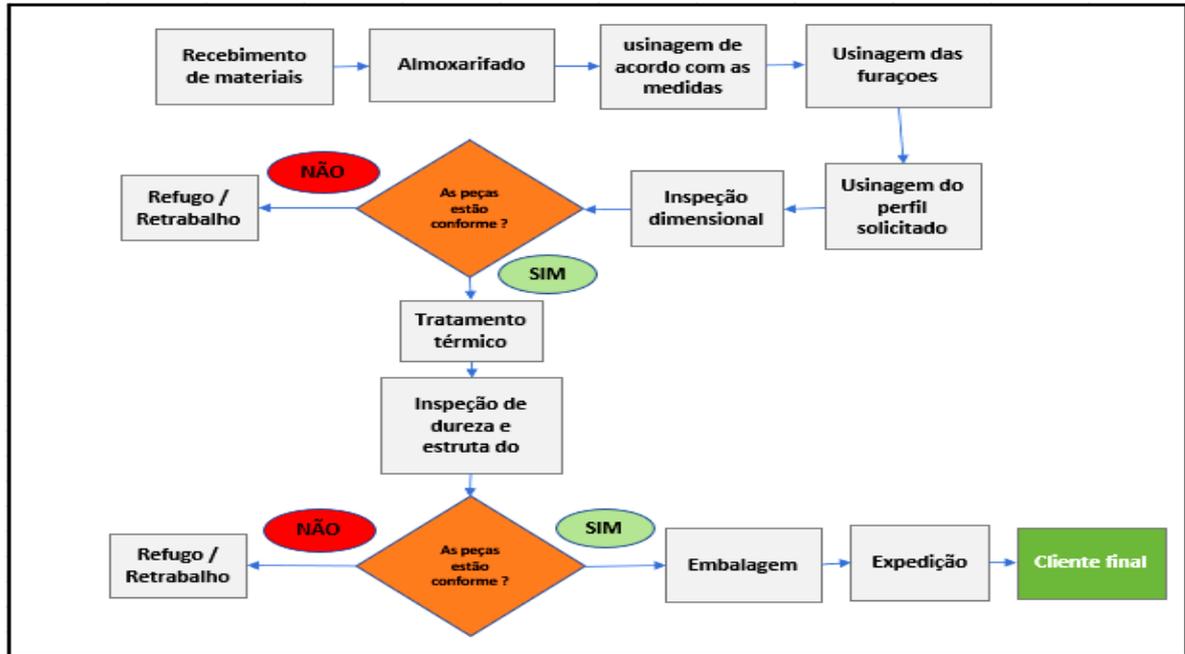
Já a pesquisa exploratória ocorreu em uma empresa manufatureira, do ramo de usinagem, de pequeno porte, situada no estado de São Paulo. Os proprietários permitiram a aplicação da metodologia e coleta de dados, tendo em vista que o pesquisador era funcionário da empresa e foi garantido o uso somente acadêmico dos resultados.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Inicialmente, para realizar qualquer estudo empresarial é primordial conhecer o processo produtivo e suas peculiaridades, nesse contexto é interessante, se não primordial, realizar o que os japoneses chamam de Gemba, ou seja, ir até o chão de fábrica, e observar de forma atenta e aberta como o processo realmente acontece. Permitindo a identificação de oportunidades de melhoria no processo, bem como a escuta da equipe operacional. Esta etapa

foi realizada e a partir dela construído o fluxo do processo de produção da empresa onde foi realizado o estudo, abaixo ilustrado na Figura 2.

FIGURA 2 – Fluxograma do processo produtivo



Fonte: Os autores

4.1 Aplicação do ciclo DMAIC

a) Etapa 1 - Definir: a fase definir tem como objetivo principal a definição do escopo do projeto, identificar os processos que estão gerando anomalias e assim definir os objetivos e metas que conforme a tabela 2.

TABELA 2 – PPM antes da aplicação do ciclo DMAIC

Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Média
Produção	6289	6288	6289	6292	6289	6288	6286	6289	6289	6289	6286	6289	6289
Refugo	11	12	11	8	11	12	14	11	11	11	14	11	11
PPM	1749	1908	1749	1271	1749	1908	2227	1749	1749	1749	2227	1749	1816

Fonte: Os autores

A partir dos resultados obtidos, foram analisados os dados e assim organizados visualmente, com auxílio da ferramenta *Project charter*, facilitando a definição das metas e objetivos, vejamos no quadro 4.

QUADRO 4 – Project charter

Cliente:	P.R.O.E.N	
Patrocinador do Projeto:	P.R.O.E.N	
Gerente do Projeto:	HIGOR CAIQUE DE JESUS SILVA	
Previsão de Início e Término:	15/08/2020	20/01/2021
JUSTIFICATIVA DO PROJETO		
<p>O projeto deve ser realizado devido as anomalias acontecendo na empresa são elas: PPM alto. Refugo com uma média de 0,21% da Produção. Dois processos com o tempo acima do tempo takt. Alto Refugo no processo de tratamento térmico. Falha no controle de armazenamento de matéria prima.</p>		
OBJETIVOS		
<p>Os objetivos da empresa foram propostos da seguinte forma: Diminuir PPM para 270. Diminuir a quantidade de Refugo para 3 peças. Analisar o defeito com maior quantidade de refugo e executar melhoria para não ocorrer o problema novamente. Atuar nos setores com o tempo de ciclo superior ao do Takt (CNC Perfil, Seleção de material prima e CNC Usinagem sobremetal), para atender a demanda diária e mensal.</p>		
RESTRICÇÕES		
<p>A empresa estabeleceu algumas restrições: O projeto deve ser entregue no tempo de 6 meses Deve se atingir no mínimo 90% dos objetivos estabelecidos</p>		
MARCOS DO PROJETO		
<p>A primeira e a etapa mais críticos do projeto é a etapa Medir do ciclo DMAIC com base nessa etapa será realizado todos os estudos para possíveis melhorias na empresa</p>		
ORÇAMENTO		
<p>O orçamento que a empresa disponibilizou para realizar o projeto foi no valor de R\$ 8.000,00</p>		

Fonte: Os autores

A organização disponibilizou um orçamento de R\$ 8.000,00 como orçamento para ser utilizado no projeto de melhoria, que tinha como objetivo reduzir os defeitos ao nível Six Sigma. Os donos da organização estabeleceram apenas duas restrições, o projeto deve ser realizado durante 6 meses e deve alcançar no mínimo 90% dos objetivos definidos.

b) Etapa 2 – Medir: Na segunda etapa foi realizado a crono análise, que consiste no estudo de tempo e movimentos de uma linha de produção através de medidores de tempo gerando assim o tempo médio necessário para realizar as devidas tarefas.

Após realizar a crono análise e obter o tempo de ciclo necessário para a execução de uma peça e o nível de eficiência dos equipamentos realizando a comparação entre a capacidade produtiva do equipamento em relação a quantidade que foi, de fato, entregue. Em seguida foi realizado o cálculo para obter o *tack time* ou também conhecido como ritmo de produção no qual é definido como o tempo que deve realizar a produção de uma peça baseado no ritmo de vendas para atender a demanda dos clientes.

$$takt\ time = \frac{tempo\ disponivel}{demanda}$$

Após a realização dos procedimentos e coleta de dados foi gerou uma análise de acordo com a tabela 3.

TABELA 3 – Tempo takt

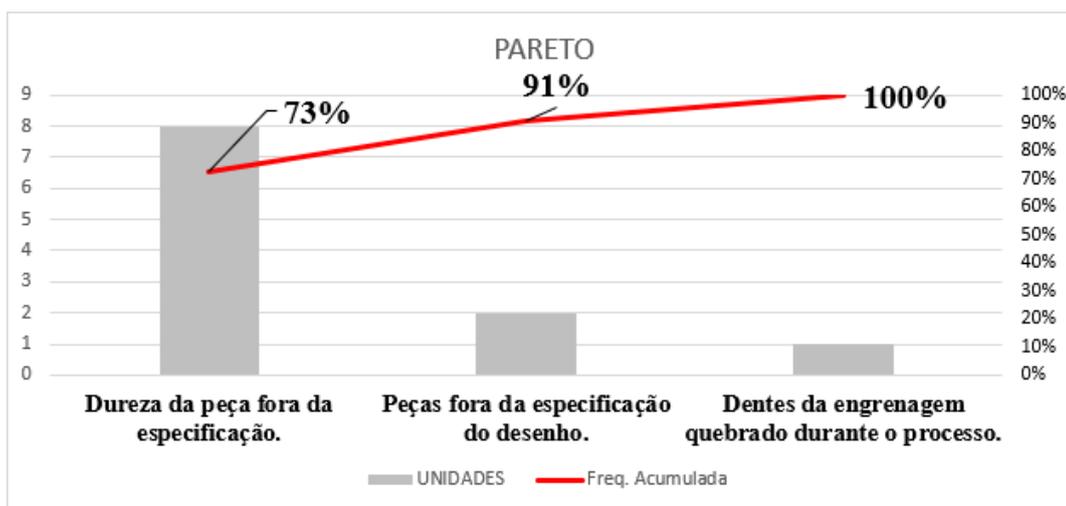
TEMPO TAKT			
PROCESSO	TEMPO DE CICLO/ SEGUNDOS	EFICIÊNCIA	TEMPO TAKT
Seleção de matéria prima	3,5	0,7	3,36
CNC Usinagem sobremetal	4	0,7	3,36
CNC Furação	3	0,7	3,36
CNC Perfil	4	0,7	3,36
Inspeção dimensional	3	0,7	3,36
Tratamento/ Resfriamento	3	0,7	3,36
Inspeção visual	2	0,7	3,36

Fonte: Os autores

Diante dos resultados percebe-se que há dois processos acima do *takt time* calculado no qual sinalizam um possível gargalo.

Em sequência identificou e analisou as falhas, com base na média dos 12 meses anteriores. Foi usado o Diagrama de Pareto para priorizar as causas a serem abordadas, a figura 3 apresenta em ordem os pontos a serem trabalhados.

FIGURA 3 – Gráfico de Pareto



Fonte: Os autores

Com a análise do gráfico percebeu-se quais os principais defeitos, através disso foi definido como prioridade eliminar a principal anomalia que está ocorrendo constantemente e

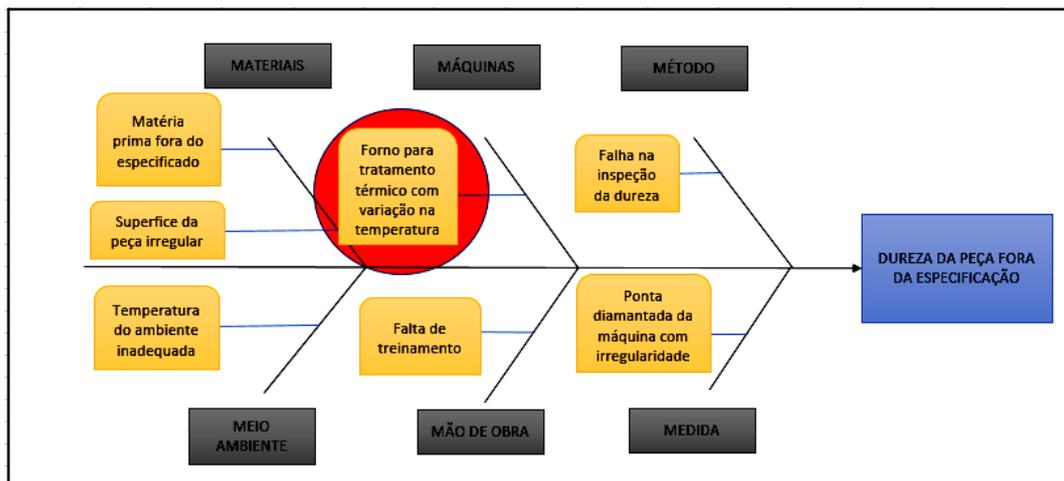
corresponde a 73% do total de peças com defeitos: dureza da peça fora da especificação. E posteriormente, havendo interesse e orçamento, tratar as demais.

c) Etapa 3: Definir

Na terceira etapa foi listado todas as possíveis causas do efeito “Dureza da peça fora do especificado”. Para otimização de tempo e encontrar a causa raiz aplicou-se a ferramenta *Braistorming* com a equipe dos setores produtivos, operadores e supervisores, com intuito de descobrir quais ações poderiam estar influenciando para o defeito detectado.

Para uma buscar uma maior robustez na análise, foi complementada a análise com o uso de Diagrama de Ishikawa juntamente ao 5 Porquês detectando a causa raiz conforme o quadro 5 e a figura 4.

FIGURA 4 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Os autores

Após a realização do *Braistorming* e a priorização das possíveis causas, iniciou-se o processo de compreender quais os motivos para que ela acontecesse. Para tornar clara sua causa raiz, optou-se pelo uso de mais uma ferramenta quantitativa. O quadro abaixo, descreve a aplicação do método do 5 Porquês.

QUADRO 5 – 5 Porquês

5 Porquês	
1º	Forno para tratamento térmico com variação na temperatura
2º	Falta de manutenção
3º	última manutenção feita há 1 ano e 8 meses, não foi realizada a cada 1 ano como o fornecedor requisitou
4º	Não há um controle de manutenção preventiva do equipamento
5º	Não é política da empresa

Fonte: Os autores

d) Etapa 4: Implementar (Melhoria)

A quarta etapa tem como proposta a identificação de soluções adequadas para os problemas expostos anteriormente por meio da ferramenta 5W2H conforme a o quadro 6.

QUADRO 6 – Plano de ação 5W2H

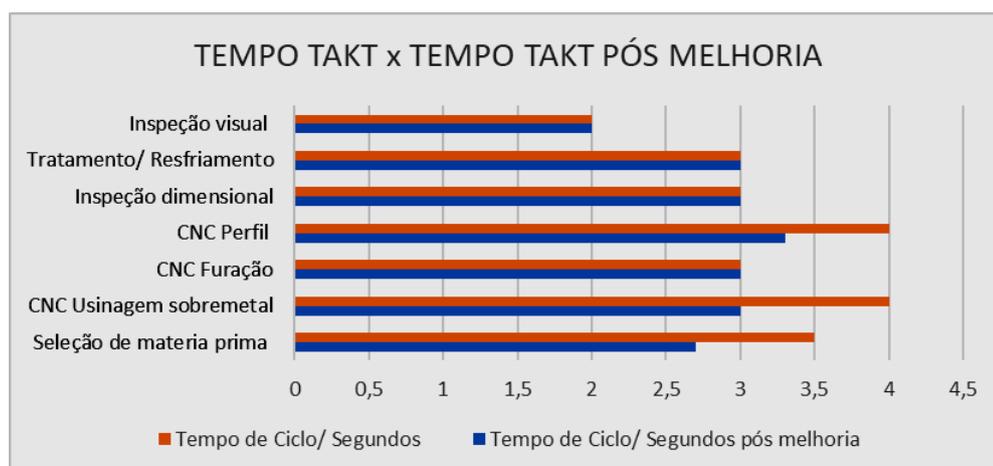
PLANO DE AÇÃO - 5W 2H							
5W					2H		STATUS
O QUE ? (WHAT?)	POR QUE ? (WHY?)	ONDE ? (WHERE?)	QUEM ? (WHO?)	QUANDO ? (WHEN?)	COMO ? (HOW?)	QUANTO CUSTA ? (HOW MUCH?)	
Realizar a cronoanálise	Avaliar a medição para otimizar o tempo para não gerar um gargalo	Almoxarifado	Gestor / Analista	5/out - 20/nov	Registrar dados, gerar relatórios, verificar aderência e aprimoramentos.	x	Feito
Implementar a ferramenta MRP I	Otimização	Almoxarifado	Gestor / Analista	25/nov - 20/jan	Avaliando a metodologia de registro presente e e as melhorias propostas.	x	Feito
Comprar ferramentas especiais de aço rapido	Para otimizar o tempo em relação ao tempo takt	CNC	Gestor	9/out - 10/nov	Pesquisa sites especializados.	R\$ 1.500,00	Feito
implementado a ferramenta Internet of Things (IoT)	Obter controle em relação a manutenção dos equipamentos	Produção	Gestor / Analista	5/out - 10/jan	Verificar com a empresa que fornecera o sistema	R\$ 4.000,00	Feito
Aplicar 5's / PEPS	Otimização	Produção	Analista	5/out - 10/jan	Avaliando a metodologia de registro presente e e as melhorias propostas.	x	Feito

Fonte: Os autores

e) Etapa 5: Controlar

Na última etapa do DMAIC utilizou-se de dados estatísticos obtidos ao longo do período do estudo de caso. Foi realizada novamente a medição do tempo de ciclo dos processos, com objetivo de comparação ao período anterior ao projeto de melhoria conforme a figura 5.

FIGURA 5 – Comparação gráfica do tempo de ciclo



Fonte: Os autores

Após a comparação feita percebe-se reduções substanciais no tempo de ciclos. Com a redução do tempo *takt*, são evitados gargalos na produção e perda de produtividade. Para garantir a manutenção dos resultados, realizou acompanhamentos mensal durante doze meses em relação aos defeitos ocorridos conforme a tabela 4.

TABELA 4 – PPM Mensal

RESULTADO PÓS-MELHORIA - PPM													
Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	média
Produção	7520	7580	7500	7480	7500	7500	7500	7530	7510	7500	7500	7500	7510
Refugo	1	2	0	1	1	3	2	2	3	2	1	2	2
PPM	133	264	0	134	133	400	267	133	133	133	133	267	177

Fonte: Os autores

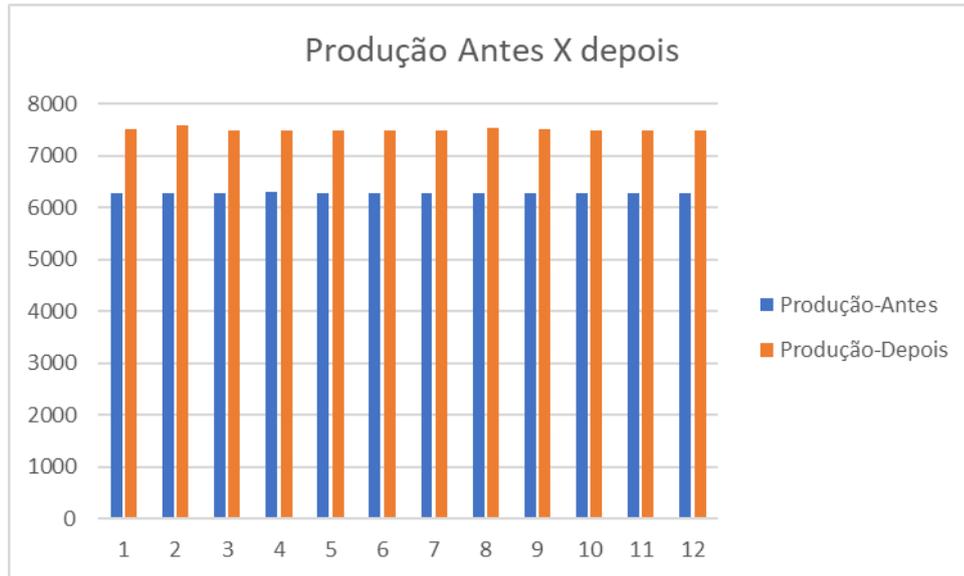
Esses novos valores obtidos foram comparados ao dos 12 meses anteriores, para garantir uma análise limpa e sem o viés da sazonalidade.

5. CONCLUSÃO E DISCUSSÃO

O valor investido foi R\$ 5.500,00, um investimento pequeno gerou uma economia de R\$ 2.500,00, ou seja 45,45% do valor já se “pagou” no primeiro mês. A partir do segundo mês deu-se início a uma economia média mensal de R\$ 7.200,00, gerando assim uma economia média anual de R\$ 86.400,00, o que representa uma economia de 15 vezes o valor inicialmente investido.

O presente demonstrou que a aplicação do ciclo DMAIC, dentro da metodologia SIX SIGMA, obteve resultados satisfatórios na melhoria da eficiência da organização. Com a aplicação do método obteve-se aumento da produção.

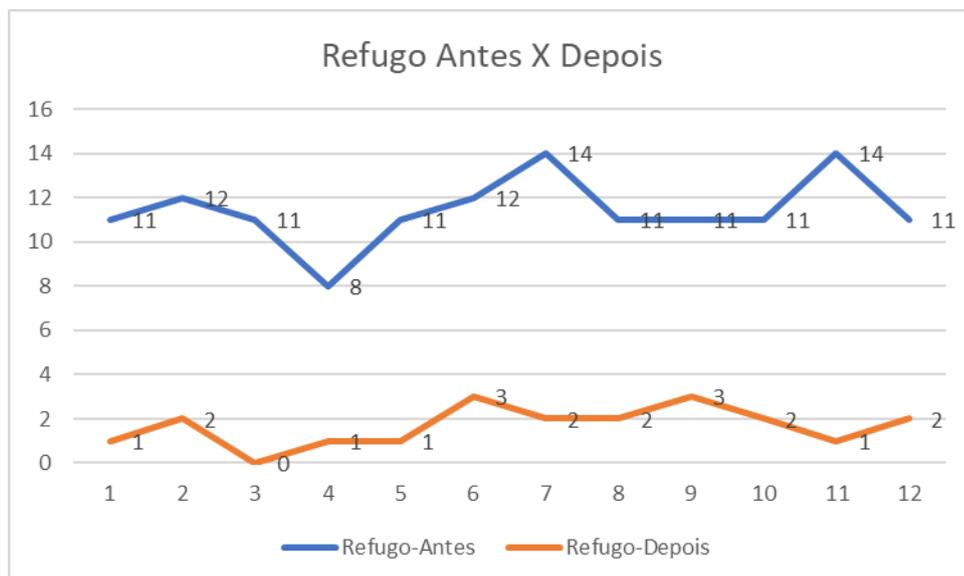
FIGURA 6 – Produção – Antes x Produção – Depois



Fonte: Os autores

Também foi possível identificar uma redução significativa nos desperdícios, o principal ponto de melhoria foi a redução de peças de refugos, houve uma redução média de 73%, sendo assim o número médio de peças refugadas passou de 11 para 2 peças.

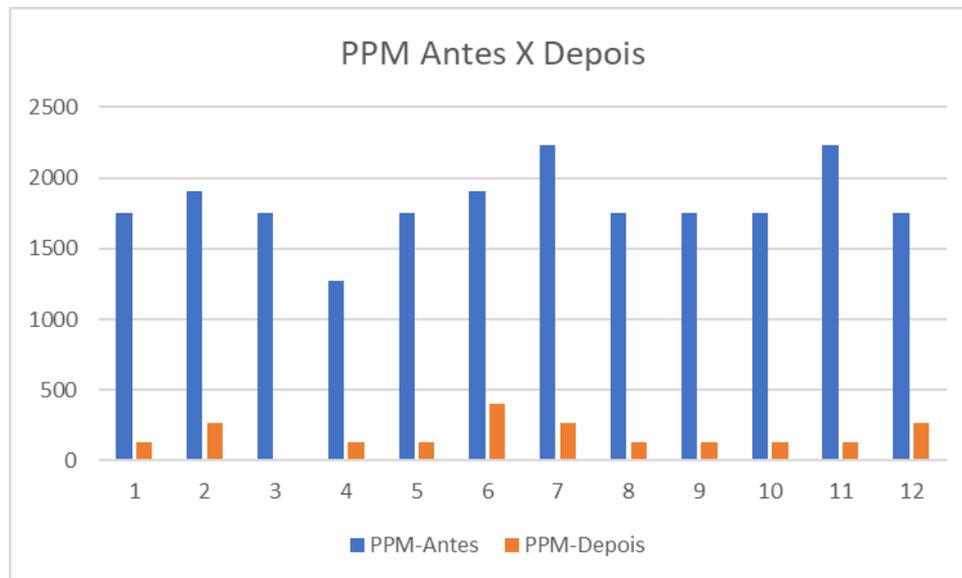
FIGURA 7 – Refugo – Antes x Refugo – Depois



Fonte: Os autores

Obviamente que com a redução dos desperdícios houve uma queda considerável no PPM, que pode ser visualido abaixo.

FIGURA 8 – PPM – Antes x PPM – Depois



Fonte: Os autores

6. REFERÊNCIAS

AFONSO, Guilherme; ROCCO, Eduardo; FRANCISCATO, Lucas. **Aplicação da filosofia kaizen para redução no índice de refugo em uma linha de montagem de uma estamperia. um estudo de caso.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, 2015.

COSTA, Rosely; SOUZA, Armando; REBELO, Sandy. **A abordagem lean healthcare em serviços de saúde: uma revisão sistemática da literatura.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, 2020.

DOMINGUES, Juliana Lopes; MENDONCA, Cynara Moreira Tinoco. **Aplicação da metodologia Seis Sigma em uma indústria de lácteos.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, 2016.

RODOLFO, Gabriela Galvão de lima; CAMELLO, Johnny de Souza; CONTENTE, Marcelo Arese. **Aplicação da metodologia dmaic para aumento de eficiência produtiva em uma**

fábrica de chapas de aço. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, 2020.

ROSA, Ananda; BAZONI, Rodrigo; ARAUJO, Suzana; SIMÕES, Denise. **A aplicação das ferramentas da qualidade para a melhoria de um processo industrial.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Espírito Santo, 2020.

SELLEME, Robson; STADLER, Humberto, **Controle da qualidade. As ferramentas essenciais.** 1ª Edição, Curitiba PR, 2012.

SILVA, Natálias; PONTELO, Matheus. **Aplicação de ferramentas da qualidade e proposta de novo layout para aumento da produtividade em indústria do setor automotivo.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, 2020.

WERKEMA, Cristina, **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas.** 6ª Edição, SP Atlas, 2013.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: Guia prático para o design de novos produtos.** São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

FINAMORE, Weyder Alves Jr. **aplicação do modelo six sigma na administração de operações estudo de caso no tempo de entrada de materiais importados.** Juiz de fora, 2008.