



**Universidade Federal do
Paraná**
Programa de Pós-Graduação Lato
Sensu
Engenharia Industrial 4.0



JHADY RENATA BECKER FERNANDES
MAYCON VINICIUS DE ARAUJO BRANDALERO
NATHALIA ANDREA DA SILVA

**PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE REFUGO NO CILINDRO P7 POR
DIÂMETRO EXTERNO FORA DA ESPECIFICAÇÃO**

**CURITIBA
2022**

JHADY RENATA BECKER FERNANDES
MAYCON VINICIUS DE ARAUJO BRANDALERO
NATHALIA ANDREA DA SILVA

**PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE REFUGO NO CILINDRO P7 POR
DIÂMETRO EXTERNO FORA DA ESPECIFICAÇÃO**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia da Qualidade 4.0 - Certificado Black Belt. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

**CURITIBA
2022**

RESUMO

Entende-se como refugo em meios de produção, peças produzidas que não poderão ser retrabalhadas e precisam ser descartadas. A empresa objeto deste estudo, Robert Bosch Ltda, apresenta índice de refugos do item Cilindro P7, confeccionado em duas máquinas paralelas e com conceitos distintos, sendo uma operada manualmente e a outra automatizada. Objetivou-se com este estudo a aplicação dos conceitos de *Lean Six Sigma*, através do segmento do fluxo de resolução de problemas, conhecido mundialmente pela sigla DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), o mapeamento e definição do problema, mensuração do impacto deste problema, bem como definição de metas plausíveis, análise das causa raízes, criação de propostas de melhoria e de controle e manutenção dos resultados, após as implementações das ações resultantes do estudo aprofundado.

Como resultado deste estudo, estimou-se a redução de trinta por cento da quantidade de refugos gerados no processo produtivo através da possível implementação do plano de ação proposto para a empresa.

Palavras-chave: Qualidade, Refugo, *Lean Six Sigma*, DMAIC, Indústria.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Cilindro P7 (metálico brilhante) acoplado ao pistão (metálico fosco).....	11
Figura 2: Tela de cadastro de informações do ERP SAP	13
Figura 3: Processo produtivo do Cilindro P7	14
Figura 4: Exemplo de documento de auditoria da confiança de dados	15
Figura 5: Gráfico de histórico do índice de refugo, comparado ao total de peças produzidas, separados por turno.....	16
Figura 6: Comparativo de representatividade de turnos, dentro do total de refugo, no período analisado	17
Figura 7: Gráfico de histórico do índice de refugo, comparado ao total de peças produzidas, separados por semana	17
Figura 8: Comparativo de representatividade de semanas, dentro do total de refugo, no período analisado	18
Figura 9: Gráfico de histórico do índice de refugo, comparado ao total de peças produzidas, separados por semana	18
Figura 10: Comparativo de representatividade de máquinas, dentro do total de refugo, no período analisado	19
Figura 11: Fluxograma do processo, por onde passa o cilindro P7	20
Figura 12: Possíveis causas de geração de refugo em diagrama de Ishikawa	21
Figura 13: Estimativa de refugos pós melhoria (verde) x cenário analisado (vermelho)	24
Figura 14: E-mail confirmação da concordância de propostas de Foco 1, pela empresa	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Matriz GUT das possíveis causas	22
Tabela 2: Matriz de priorização das causas validadas	23

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	6
1.2. JUSTIFICATIVA.....	6
1.3. HIPÓTESE.....	7
1.4. OBJETIVO.....	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1. SEIS SIGMA.....	8
2.2. FLUXOGRAMA DE PROCESSO.....	8
2.3. DMAIC.....	9
2.4. SIPOC.....	9
2.5. DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO.....	9
2.6. MATRIZ GUT.....	10
3. METODOLOGIA.....	11
3.1. FASE DEFINIR.....	11
3.1.1. REQUISITOS DE PROJETO.....	12
3.2. FASE MEDIR.....	14
3.3. FASE ANALISAR.....	20
3.3.1. DESENHO E MODELAMENTO.....	20
3.4. FASE MELHORAR.....	23
3.5. FASE CONTROLAR.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO MAPA DE RACIOCÍNIO.....	27
5. CONCLUSÕES	28
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUÇÃO

O refugo, segundo definição da norma ISO 9001, é entendido como um desperdício nos meios de produção, sendo este, o descarte de componentes, peças ou produtos produzidos e que, por alguma razão, estão fora dos padrões de qualidade e aceitação da empresa e não poderão ser retrabalhados.

Um dos fatores de geração de refugo é a produção de um item com medidas fora do limite de especificação, e quão mais estreitos os limites especificados, maior a probabilidade de que o problema ocorra.

Refugos por medidas fora do especificado podem ocorrer por diversas razões, e todas empresas de manufatura, de diferentes portes, estão propensas à ocorrência - devidamente respeitadas as proporções de produção e tolerâncias.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo dados da Confederação Nacional das Indústrias (CNI), o ramo industrial representa, em 2022, 22,2% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Com a ascensão constante de tecnologias e proporção de produção, a quantidade de refugo tende a aumentar conseqüentemente.

O presente trabalho ergueu-se em parceria com a filial da empresa Robert Bosch Ltda, localizada em Curitiba/PR, utilizando-se de métodos de estudo bibliográfico e pesquisas exploratórias in loco, onde focou-se o item Cilindro P7, qual é utilizado na posterior montagem de motores, e durante seu processo de fabricação sofre com refugos de dimensionamento fora de tolerância.

1.2. JUSTIFICATIVA

Quando não mitigadas ou reduzidas as proporções de refugo, além de desperdícios financeiros diretos com a matéria prima e mão de obra alocados no componente descartado, há outros custos agregados, como o custo de processos anteriores, transporte, armazenamento, custos posteriores de descarte, e riscos de maiores problemas, como o repasse da peça inconforme ao cliente, podendo gerar acidentes e má reputação da fabricante. Portanto, é essencial o estudo e busca de

redução de refugo, constantemente, reduzindo-se custos e aumentando a competitividade.

Faz-se importante também para a sociedade como um todo, visando a redução do desperdício de materiais, não só matéria prima, mas todos envolvidos no processo de produção, transporte e armazenamento. Por fim, também importa ao meio acadêmico, pois serve de prova prática aos modelos apresentados durante o curso, bem como aumenta a visibilidade e importância da difusão do conhecimento neste meio.

1.3. HIPÓTESE

Dentro do ecossistema de produção da indústria, diversos aspectos podem aumentar o risco da geração de refugo, por pressuposto, hipóteses podem constar: Documentação de difícil compreensão; Documentação desatualizada; Treinamento de colaboradores insuficiente ou defasado; Problemas generalizados no maquinário ou até mesmo erros de medição.

1.4. OBJETIVO

Objetiva-se com este estudo, a redução de defeitos gerados no processo, garantindo maior produtividade e melhores índices de qualidade.

Como objetivos secundários tem-se:

- A. Aplicação do ciclo DMAIC;
- B. Criação de conhecimentos sobre o processo industrial e compartilhamento de conhecimentos com a empresa;
- C. Redução do possível impacto negativo sobre a marca da empresa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Compreende-se que o Lean Manufacturing é uma abordagem que visa fazer mais com menos, através de um gerenciamento de uma empresa com seus clientes, fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações.(WOMACK; JONES, 2004).

2.1. SEIS SIGMA

O "Seis Sigma" é a combinação de estatística e estratégias. A estatística é aplicada na medida em que suas ferramentas apontam a priorização do foco em processos, com o uso de dados que permite observar a variação e o uso de dados para justificar ações. (Werkema, 2012).

Uma das filosofias disseminadas pelo Seis Sigma foi a "defeito zero". Acredita-se que o Seis Sigma nasceu e se desenvolveu na década de 80 na Motorola, nos Estados Unidos. No entanto, é possível atribuir a origem do Seis Sigma ao livro "Quality is Free" do escritor Crosby (1980). (Harry e Schoroeder, 2000).

O Seis Sigma oferece uma pequena variabilidade ao processo, onde respeita-se limites pré-definidos em prol da satisfação do cliente quanto a um processo ou produto. (Vasconcellos, Junior e Chap, 2006).

2.2. FLUXOGRAMA DE PROCESSO

O fluxograma é um mapa do processo, que através de uma sequência é possível identificar as etapas de um processo. Tal mapeamento se torna relevante na medida em que permite compreender os processos de trabalho, a identificação das atividades críticas e oportunidades de melhoria, documentação do processo para análises futuras, desenvolvimento de um padrão de trabalho, adequação às normas e certificações e o fortalecimento e engajamento da equipe devido a participação de todos os envolvidos na elaboração (PEINADO E GRAEML, 2007).

2.3. DMAIC

DMAIC é um método utilizado para solucionar problemas e desenvolver projetos, está dividido nas etapas ou fases definidas como: definir, medir, analisar, melhorar e controlar (Werkema, 2012).

Para a redução do índice de refugo, é necessário identificar as não conformidades que interferem na qualidade do produto. Para atingir um padrão de alta qualidade, a eliminação das não conformidades pode ser realizada através das ferramentas do DMAIC (ALMEIDA, 2014).

Para o atingimento das metas da empresa, um dos elementos da infraestrutura do Lean Seis Sigma é a constituição de equipes para executar projetos que contribuam com os objetivos. O desenvolvimento desses projetos é realizado com base em um método denominado DMAIC, constituído por cinco etapas. (Werkema, 2012).

2.4. SIPOC

O SIPOC é considerado uma ferramenta para mapear os processos, proporcionando uma visão macro de todos os elementos que fazem parte do processo. Partindo dessa análise pode-se adquirir informações a respeito dos clientes que atuam no processo, suas exigências e de onde surgem as contribuições e as especificações proporcionadas ao processo. O SIPOC é muito utilizado nas metodologias Lean e Seis Sigma, principalmente na etapa “Definir” do método DMAIC, e propicia a visualização dos cinco componentes principais que pertencem a um processo: Suppliers (Fornecedores), Inputs (Entradas), Process (Processo), Outputs(Saídas) e Customers (Clientes) (ANDRADE 2014)

2.5. DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

Uma vez que a falha foi repetida no processo, ou as causas mais relevantes entre as outras estipuladas, as ações para eliminá-las devem então ser traçadas. Nesta etapa criam-se as ações (Plano de Ação) para eliminar as verdadeiras causas do problema identificadas pela repetição da falha. Existem problemas que são resolvidos

com apenas uma ação, problemas mais complexos onde devem existir uma sequência de ações para a eliminação da falha e casos onde apenas encontramos uma melhoria no processo. Deve-se priorizar as ações que vão atingir a causa raiz da falha (que irão eliminar a chance de qualquer falha).

O diagrama causa e efeito, é utilizado para facilitar o diagnóstico das causas raízes, através de uma representação gráfica entre causas e efeitos do problema processo/produto em estudo. A representação gráfica facilitará a compreensão do problema e ajudará na criação de um plano de ação para solução do problema, pois apontará as várias influências que interferem (de alguma forma) no processo, tornando (Werkema,2012).

2.6. MATRIZ GUT

Após realizar os levantamentos dos problemas e suas causas, é necessário estabelecer quais são as ações prioritárias para eliminar ou reduzir as não conformidades dos processos. A matriz GUT auxilia na tomada de decisão, pois se trata de uma ferramenta de respostas aos problemas. A partir dela é possível identificar quais problemas serão priorizados e verificar quais ações corretivas e preventivas podem ser desenvolvidas preferencialmente (Napoleão, 2019).

Através de três critérios: Gravidade, Urgência e Tendência. A “Gravidade” faz referência ao impacto que o problema pode causar a empresa, caso aconteça. São avaliadas as tarefas, colaboradores, processos, resultados, entre outros. A “Urgência” tem relação direta com o tempo de resolução das atividades, quanto menos tempo disponível para a tratativa do problema, mais urgente ele será. Por fim, a “Tendência” representa o potencial de crescimento do problema ou ação, ou seja, a probabilidade de se agravar com o passar do tempo (caso nada seja feito). As classificações utilizam uma escala de criticidade em que são atribuídas notas, que 1 representa a de menor grau e 5 de maior grau. A identificação do problema de maior prioridade ocorre por meio da multiplicação das três classificações (Napoleão, 2019).

3. METODOLOGIA

O presente trabalho utilizou como base estrutural a metodologia denominada *DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)*, uma ferramenta impactante e difundida em aplicações de projetos de melhoria contínua. Seus passos consistem, em definição do problema a ser trabalhado; Mensuração (ou coleta) de dados; Análise dos dados obtidos; Proposta e aplicação de melhorias; Controle dos resultados. Este método foi escolhido devido à sua alta abrangência do projeto como um todo, e os dados utilizados foram cedidos pela empresa Bosch.

Durante o desenvolvimento do processo, estendeu-se o portfólio de ferramentas utilizadas, bem como pesquisas bibliográficas e de campo, como, diagramas de causa e efeito; Matrizes de decisão; Cartas de controle; SIPOC; Fluxogramas; Gráficos diversos; Visitas técnicas.

3.1. FASE DEFINIR

A empresa possui um volume de peças refugadas que impactam diretamente nas metas de qualidade, causando custos indesejados e tempos de produção não previstos. A peça abordada neste projeto é o Cilindro da família P7, representado na Figura 1, no âmbito de dimensão externa fora da tolerância especificada.

Figura 1: Cilindro P7 (metálico brilhante) acoplado ao pistão (metálico fosco)



Fonte: Robert Bosch Ltda

Esta medida quando está nos limites determinados, permite o encaixe esperado (acasalamento) em outras peças, formando componentes, garantindo rotação, pressão e liberação de ar. Por outro lado, se fora das especificações, são aumentados os riscos de mal encaixe em demais componentes, falhas mecânicas ou mal funcionamento do conjunto.

Quando a peça é refugada, além de custos e indicadores prejudicados, o problema traz como impacto um volume de reclamações de clientes internos e externos, não cumprimento de prazos, interrupção de fluxos, geração de estoques intermediários.

3.1.1. REQUISITOS DE PROJETO

Para análise e controle do projeto, fez-se necessária a utilização de uma métrica principal de controle dos dados de produção e refugo.

O meio de controle desse pela empresa é feito com a verificação de 1 a cada 40 peças, em seu diâmetro e dimensões paralelas, que são medidas verificadas simultaneamente; também a medida da distância entre haste e flange. Quando identificado diâmetro fora da especificação, é inicializado o plano de reação: É realizada a rastreabilidade das peças até a medição anterior para análise de todo lote antes de dar sequência para a próxima operação. As peças defeituosas encontradas são refugadas, na sequência a máquina é ajustada para continuar a produção.

Logo, O indicador utilizado para acompanhamento dos dados de refugo deu-se da seguinte forma:

$$\% \text{ Refugo} = (\text{Peças defeituosas}) / (\text{Peças boas} + \text{Peças defeituosas})$$

Outro ponto essencial para o desenvolvimento do trabalho é o acesso aos dados de produção do item e que estes dados sejam confiáveis. A empresa Bosch firmou esta garantia, apresentando dados armazenados e validados no software ERP SAP, armazenados como no exemplo da Figura 2 a seguir.

Figura 2: Tela de cadastro de informações do ERP SAP

Enter Time Ticket for Production Order

Goods Movements | Actual Data

Order: 50000100028 | Material: M01YP01006 | MAR. YP8 N/B DR. RUBBER R...
 Oper./activity: 0060 | Sequence: 0 | Padding 01
 Work center: SDRPD1 / Plant: 1100 | Padding 01

Confirm.type: Partial confirmation | Clear open reservations

Quantity Produced

	To Be Confirmed	Unit
Yield	100	EA
Scrap		
Rework		
Reason for Var.		

Production Date

Posting date: 17.01.2014

	To confirm	Unit	Already confirmed	Planned conf.	Unit
Break time			0.000	0.000	

Shift

Shift: GG / C - Yesterday

Actual Dates

Downtime Entry

Elec		No Mat. PPC		Strip	
Mech		No Mat. Store		Wire Mesh Change	
Tool Room		No Power		Tear Bead	
Compound		Change Over		NC	
Process		Man power		Head	

Fonte: Robert Bosch Ltda

Por fim, indispensável para esta análise, fez-se também, o conhecimento do processo produtivo e suas etapas. A partir de visita técnica dos autores, junto ao acompanhamento e explicações dos membros do projeto colaboradores da Bosch, o processo representou-se no SIPOC da Figura 3 à seguir:

Figura 3: Processo produtivo do Cilindro P7

Fornecedores	Insumos	Processo	Produtos	Consumidores
Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers
Setor de Usinagem mole	Ordem de produção	Tratamento térmico	Cilindro P7	Mercado
Mercado	Ordem de produção	"Compra" das peças adicionais de acordo com OP	Cilindro P7 com as peças específicas da OP	Separação
Separação	Cilindro P7 com as peças específicas da OP	Pré Brunimento	Cilindro P7 sem rebarba	Retífica Externa
Pré Brunimento	Cilindro P7 sem rebarba	Retífica Externa	Cilindro P7 com diâmetro definido	Torneamento
Retífica Externa	Cilindro P7 com diâmetro definido	Torneamento	Cilindro P7 com acabamento externo	Brunimento
Torneamento	Cilindro P7 com acabamento externo	Brunimento	Cilindro P7 com abamento interno	Escovação Externa
Brunimento	Cilindro P7 com abamento interno	Escovação Externa	Cilindro P7 com acabamento superficial melhorado	Desmagnetização
Escovação Externa	Cilindro P7 com acabamento superficial melhorado	Desmagnetização	Cilindro P7 desmagnetizado	Lavação
Desmagnetização	Cilindro P7 desmagnetizado	Lavação	Cilindro P7 higienizado	Escovação
Lavação	Cilindro P7 higienizado	Escovação	Cilindro P7 escovado sem rebarba	Inspeção Visual
Escovação	Cilindro P7 escovado sem rebarba	Inspeção Visual	Cilindro P7 aprovado	Olear
Inspeção Visual	Cilindro P7 aprovado	Olear	Cilindro P7 aprovado, pronto para acoplamento	Acoplamento

Fonte: Os autores

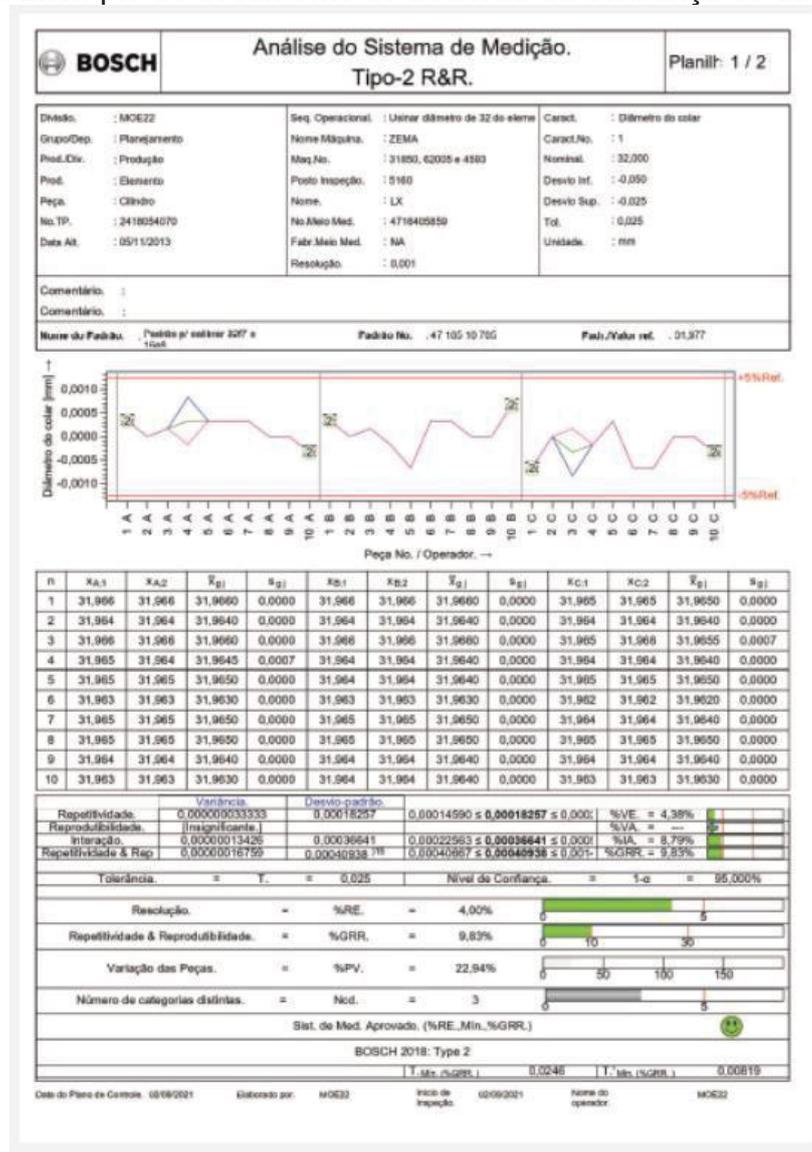
Com os requisitos estabelecidos e controlados, os autores em conjunto à empresa definiram a meta de proposta de melhoria para a redução de 30% dos refugos do Cilindro P7, causados pelo diâmetro externo fora de especificação.

3.2. FASE MEDIR

Durante a etapa de medição e coleta de dados, inicialmente, os autores checaram junto com a empresa, a confiabilidade dos equipamentos e métodos de medição, que são de responsabilidade de um setor chamado IDC, onde têm sua

credibilidade e rastreabilidade auditados periodicamente em um documento chamado MSA (Análise do Sistema de Medição), apresentado na Figura 4, abaixo:

Figura 4: Exemplo de documento de auditoria da confiança de dados



Fonte: Robert Bosch Ltda

Em posse de garantias dos métodos de medição e do armazenamento dos dados, os autores realizaram uma visita técnica, onde levantaram-se questões chaves para a seleção de três fatores de estratificação:

- Turno de produção: Os números de refugo são diferentes quando considerados diferentes turnos de produção?

- Semana do mês: Determinada semana, a quantia de refugo se sobressai ao restante do mês?
- Maquinário: São obtidos resultados diferentes de refugo a partir da utilização de máquinas distintas?

As informações repassadas pela empresa hospedeira, representam o período de janeiro de 2021 até abril de 2022 (data da solicitação de coleta, pelos autores), exceto para maquinário, pois neste caso a empresa inicialmente não possuía controle de informações importantes da máquina em seu registro de refugo. Informações essenciais das máquinas, como distinção da máquina utilizada, começaram a ser coletadas a partir de julho de 2021, a partir de pedido dos autores.

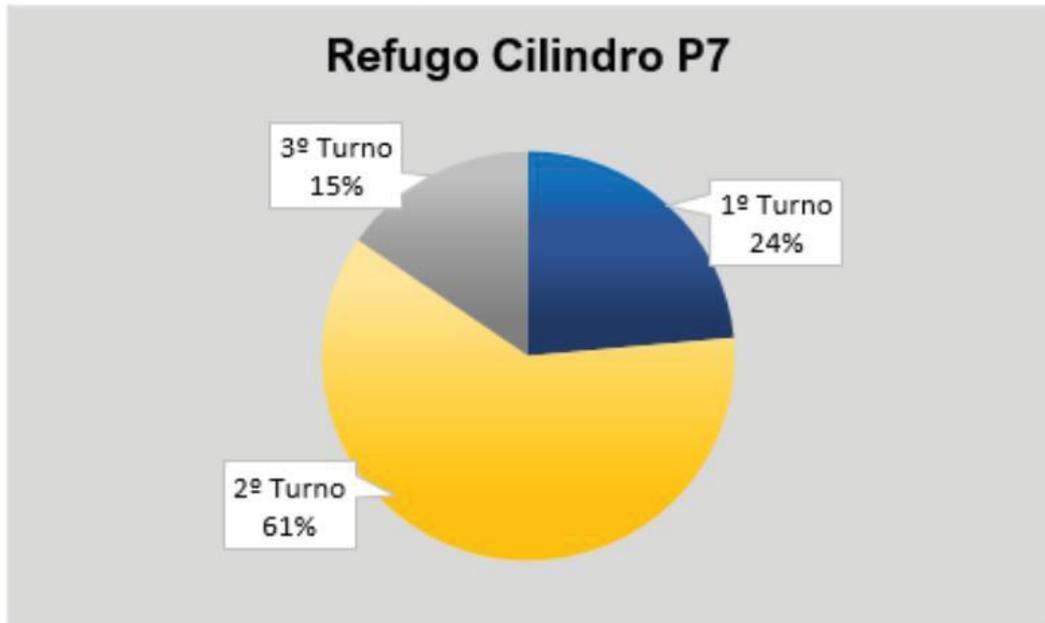
Os dados informados foram tratados pelos autores e transformados em gráficos para melhor visualização, resultando os fatores de estratificação entre as Figuras 5 a 10, a seguir:

Figura 5: Gráfico de histórico do índice de refugo, comparado ao total de peças produzidas, separados por turno



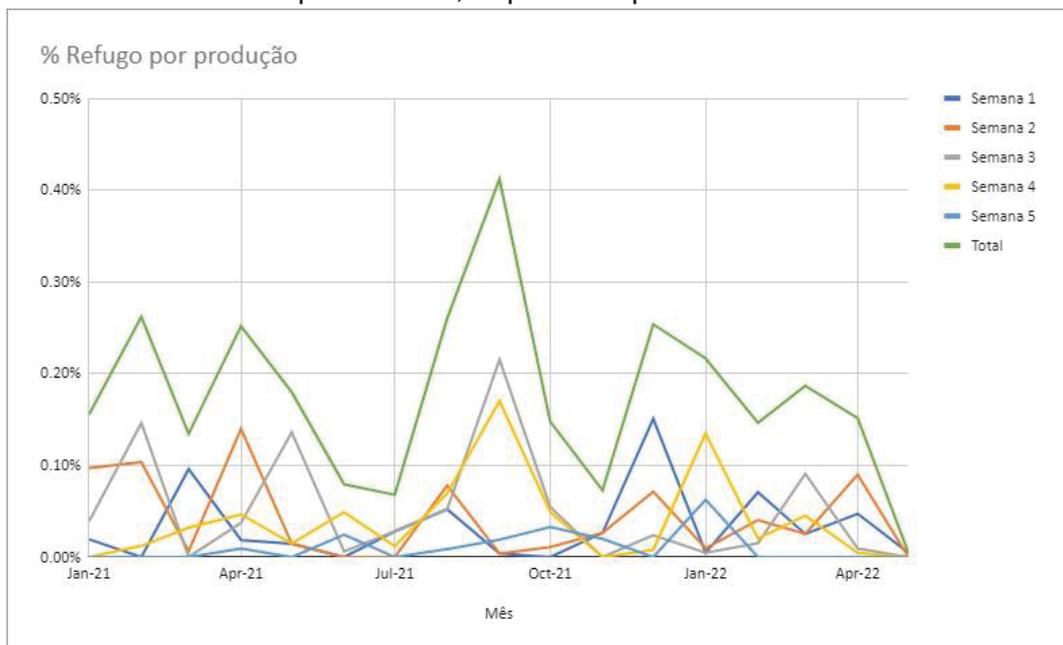
Fonte: Os autores

Figura 6: Comparativo de representatividade de turnos, dentro do total de refugo, no período analisado



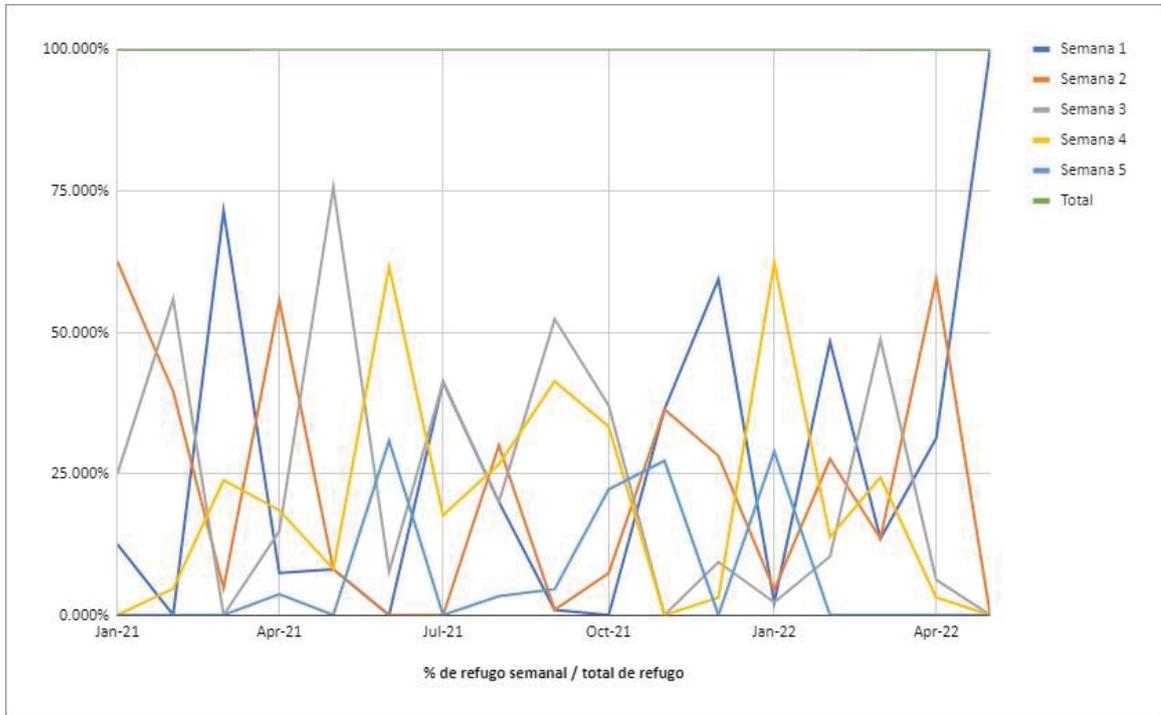
Fonte: Os autores

Figura 7: Gráfico de histórico do índice de refugo, comparado ao total de peças produzidas, separados por semana



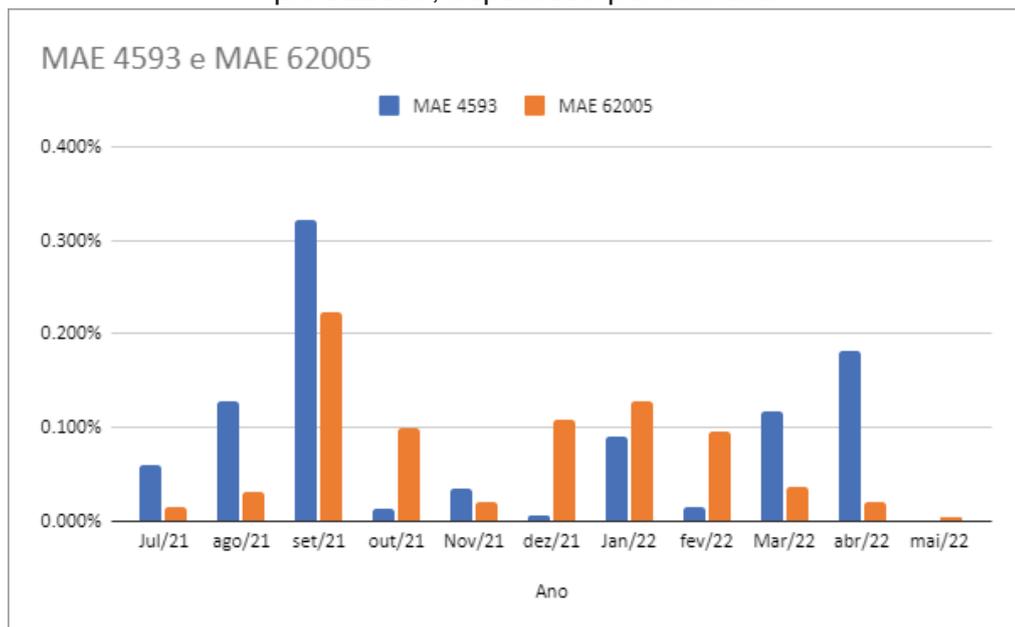
Fonte: Os autores

Figura 8: Comparativo de representatividade de semanas, dentro do total de refugo, no período analisado



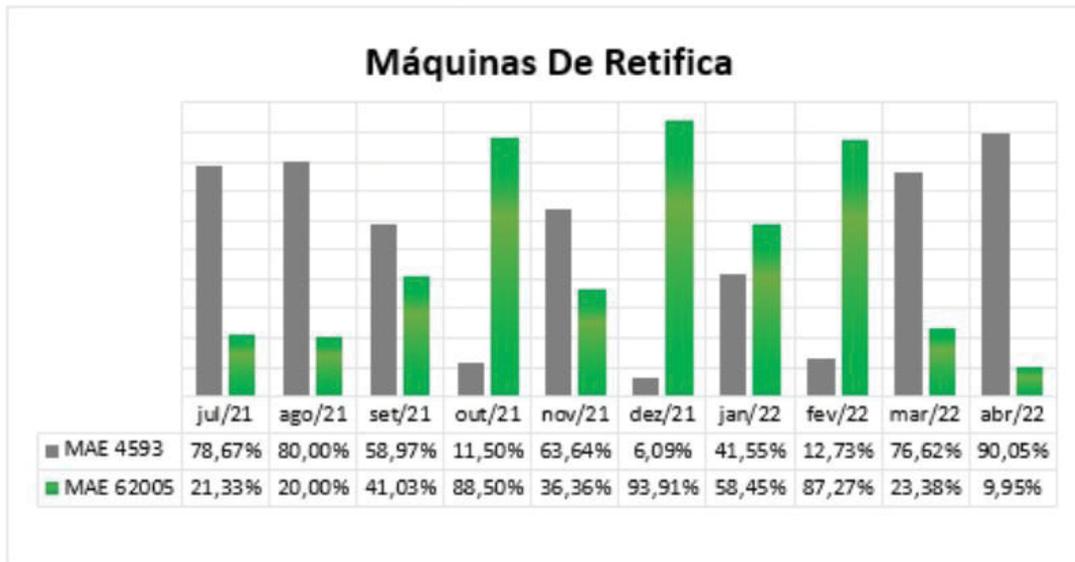
Fonte: Os autores

Figura 9: Gráfico de histórico do índice de refugo, comparado ao total de peças produzidas, separados por semana



Fonte: Os autores

Figura 10: Comparativo de representatividade de máquinas, dentro do total de refugo, no período analisado



Fonte: Os autores

Com os resultados obtidos, os autores optaram por descartar o fator de estratificação por semana, pois o mesmo apresenta valores dispersos, sem mostrar um indício de que uma das semanas esteja se sobressaindo, mantendo assim, as estratificações por turno e por máquina (MAE).

No período analisado, separando-se apenas o tipo de refugo aqui tratado, 0,18% da produção total da peça foi descartada por este motivo. Com a meta definida em redução de 30%, isto significa que, em mesmas proporções de quantidade produzida, a meta entende-se como a redução para 0,12% de descarte no período, ou seja, espera-se “salvar” 0,06% de todas as peças Cilindro P7 produzidas.

Os autores então segregam a meta geral em suas duas estratificações, sendo: Redução de 25% do refugo com ênfase nos turnos de produção, atacando o maior índice, turno 2; Redução de 5% do refugo com ênfase nas máquinas utilizadas, atacando ambas as máquinas.

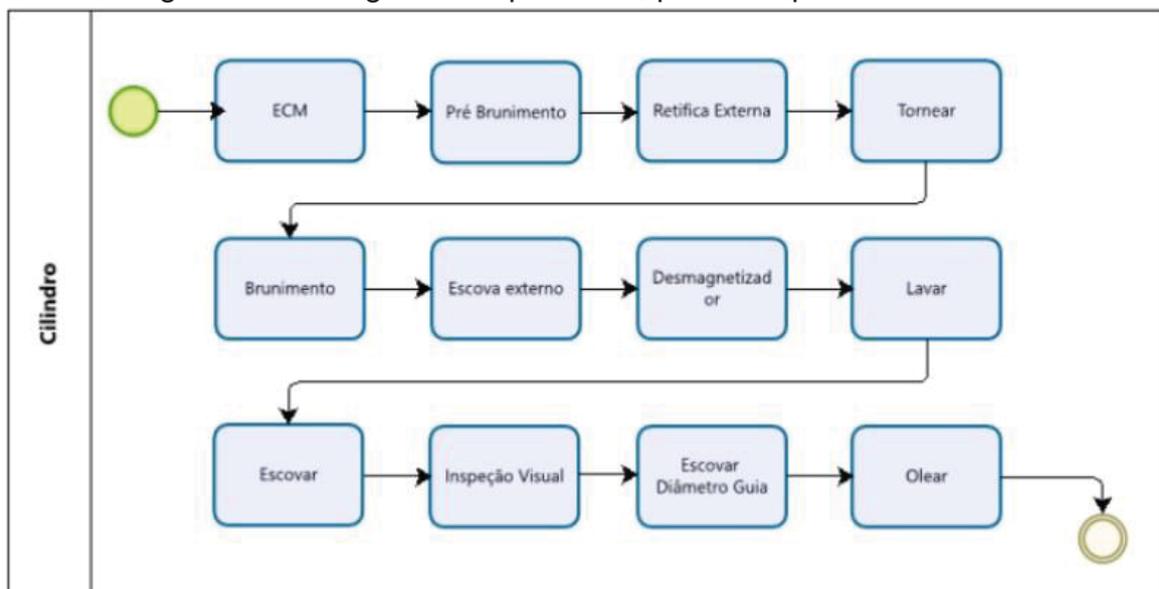
3.3. FASE ANALISAR

Durante a etapa de Análise, as estratificações focadas em turno e maquinário foram aprofundadas e então levantaram-se possíveis causas.

3.3.1. DESENHO E MODELAMENTO

A partir de um fluxograma demonstrado na Figura 11, feito pelos autores, os mesmos iniciaram um levantamento de possíveis causas de refugo, utilizando a ferramenta de Diagrama de Ishikawa, visto na Figura 12.

Figura 11: Fluxograma do processo, por onde passa o cilindro P7



Powered by
bizagi
Modeler

Fonte: Os autores

Figura 12: Possíveis causas de geração de refugo em diagrama de Ishikawa



Fonte: Os autores

Baseando-se nas possíveis causas, os autores então realizaram nova visita técnica, onde analisaram a fundo as possibilidades, comparando os documentos de treinamento, as diferentes máquinas, documentos de programação e controle de produção (PCP), configurações das máquinas, *setups* e por fim realizou-se um evento de questionamentos sobre o processo aos operadores e colaboradores envolvidos, de diferentes turnos. As informações obtidas permitiram aos autores preencher uma tabela chamada Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), onde enumerou-se então a importância e prioridade das causas possíveis, levantadas anteriormente, esta matriz pode ser vista na Tabela 1:

Tabela 1: Matriz GUT das possíveis causas

GUT	GRAVIDADE (G)	URGÊNCIA (U)	TENDÊNCIA (T)	SOMA (Σ)
Deficiência no aprofundamento de treinamentos e documentações de instrução de trabalho.	3	5	5	75
Divergência entre tempo de experiência e conhecimento da operação entre os operadores de diferentes turnos.	3	5	5	75
Após a dressagem do rebolo da máquina, as peças iniciais produzidas costumam ficar com dimensões próximas aos limites superiores de especificação.	2	5	3	30
Número elevado de setups na máquina manual, comparada a máquina automatizada.	3	5	2	30
Baixa frequência de medição	2	4	2	16
Falta de documentação do processo	2	4	2	16
Falta de supervisão da produção	3	3	2	18
Iluminação Inadequada	2	2	2	8
Espaço Inadequado	2	2	2	8
Temperatura Inadequada de trabalho	2	2	2	8
Falta de 5T	3	3	3	27
Falta de 5S	3	3	3	27
Uso de máquina com menor capacidade de entrega	3	3	3	27
Falta de identificador de capacidade da máquina	2	3	2	12
Falhas na inspeção	3	3	3	27
Equipamento muito antigo	2	2	2	8
Software desatualizado	3	2	3	18
Falta de Backup	4	2	3	24
Rotatividade de colaboradores	2	2	3	12

Fonte: Os autores

Com os valores somados, pode-se montar a tabela de Matriz de Priorização, uma ferramenta que auxilia a tomada de decisões e priorização em pontos comprovados como causa, como visto na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2: Matriz de priorização das causas validadas

FOCO 1	FOCO 2	FOCO 3	CAUSA PRIORIZADA	DESCRIÇÃO DA CAUSA	EVIDÊNCIA DA CAUSA (Mostrar que a causa acontece de Fato - Coloca Anexo se Necessário)	PROVA DE QUE A CAUSA TEM CORRELAÇÃO COM O FOCO (Colocar anexo se Necessário)	CAUSA COMPROVADA?
X			Causa 1	Deficiência no aprofundamento de treinamentos e documentações de instrução de trabalho.	Ações diferentes tomadas entre operadores, mediante situações semelhantes; Falta de cronograma e organização para treinamentos.	Menor capacitação do operador resulta em maior probabilidade de refugo	sim
X			Causa 2	Divergência entre tempo de experiência e conhecimento da operação entre os operadores de diferentes turnos.	Resultados divergentes sob as mesmas condições de trabalho; Respostas divergentes entre operadores de diferentes turnos, para a entrevista feita.	Desnívelamento de conhecimento gera um destoamento nos resultados	sim
	X		Causa 3	Após a dressagem do rebolo da máquina, as peças iniciais produzidas costumam ficar com dimensões próximas aos limites superiores de especificação.	Histórico de medições das peças após dressagem. (realizada checagem completa no lote durante análise)	Conforme o avanço da produção, as medidas após dressagem começam a se reduzir, podendo gerar refugo caso o operador não se atente às mudanças	sim
		X	Causa 4	Número elevado de setups na máquina manual, comparada a máquina automatizada.	Produção de outros elementos na mesma máquina, exigindo setups diferentes.	Aumento de interferência humana; aumento do risco de setup errado; Aumento de chance de desregulagem e desgaste da máquina.	sim

Fonte: Os autores

3.4. FASE MELHORAR

Baseando-se nas causas validadas, os autores realizaram um levantamento de possíveis melhorias, a fim de reduzir o percentual de refugo, listadas e priorizadas respectivamente a seguir.

Reformulação dos materiais de apoio, para acesso virtual, de forma mais visual/interativa, tais como Instrução de trabalho e desenho mecânico, auxiliando o operador com suas atividades de forma mais homogênea entre os diferentes turnos.

Reformulação do cartão de refugo, com adição de campos para informações complementares, por exemplo, medida externa (superior ou inferior à especificação) e nome do operador responsável, de forma a obter maior visibilidade e pontos de melhoria contínua sobre o refugo.

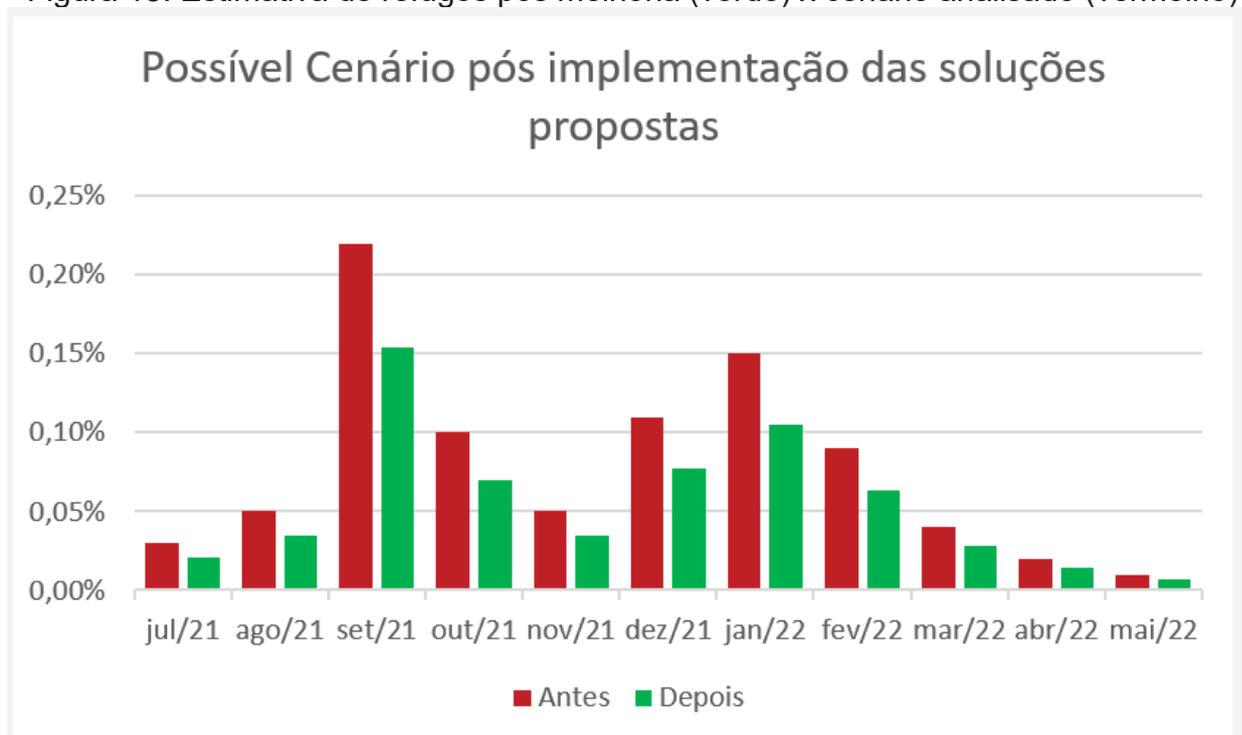
Adoção do registro informativo de peças vistoriadas durante a medição de lote, com objetivo de acompanhar a variação do processo e gerar históricos.

Aplicação de cronograma de treinamentos, que sejam alinhados e padronizados, para que os operadores de diferentes turnos tenham desempenhos similares.

Aplicação de listagem de peças a produzir, com lógica aplicada para que, se o planejador adicionar um novo pedido de produção, a listagem o alerte caso o mesmo item seja produzido no período de uma semana. Desta forma, o planejador poderá ponderar a possibilidade de um setup a menos, reduzindo riscos de desregulagem e intervenção humana na máquina.

Por fim da fase de Improve, esboçou-se um gráfico estimativo do alcance das metas, quando aplicadas as propostas citadas. O gráfico, visível na Figura 13, compara no prazo de análise dos dados, os valores encontrados, em vermelho, e no mesmo cenário, pós melhorias em verde.

Figura 13: Estimativa de refugos pós melhoria (verde) x cenário analisado (vermelho)

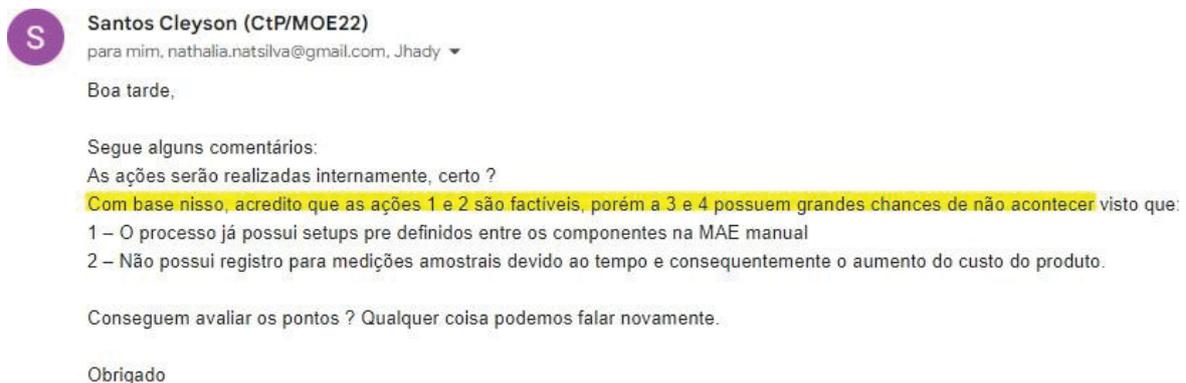


Fonte: Os autores

3.5. FASE CONTROLAR

Para a última etapa do desenvolvimento DMAIC, no controle, são captados dados pós aplicação das propostas de melhoria, para validar os ganhos do projeto; contudo, até o momento fim deste trabalho, por questões administrativas e de prazo, a empresa não pôde aplicar as propostas, mas, deixou confirmada a concordância com aplicação de duas principais propostas (Foco 1) e pontos de feedback para reformulação das duas demais propostas (Foco 2 e 3), como visto na Figura 14, a seguir:

Figura 14: E-mail confirmação da concordância de propostas de Foco 1, pela empresa



Fonte: Os autores

Esperando-se um cenário de aplicação das propostas de melhoria, para um controle dos resultados, os autores sugeriram as seguintes ferramentas:

1) indicador Hora a Hora de produção, medindo a quantidade de itens defeituosos por hora para garantir que ação de padronização de atividades de setup e de inspeção foram eficazes e redução na incidência de defeitos após o setup.

2) Indicador diário de *setups*, comparando a quantidade de *setups* realizados no processo diariamente. O objetivo deste indicador é garantir que a otimização proposta continue a ser seguida e os benefícios sejam duradouros.

3) Índice de estoques: sugere-se que a empresa crie um indicador de estoques e lotes produzidos, com o objetivo de garantir que a padronização de menor quantidade de *setups* diários não venha impactar o índice de estoque.

A partir da aplicação destas métricas, alinhadas a auditorias periódicas mensais, há possibilidade de uma visão ampla dos resultados e viáveis novos pontos de ação, a fim de garantir melhoria contínua.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO MAPA DE RACIOCÍNIO

Se considerado todo o período analisado durante o desenvolvimento deste trabalho (jan/21 a abr/2022), de todas as peças Cilindro P7 produzidas, foram refugadas por divergência do diâmetro externo 0,18% do total. Sendo meta do projeto uma redução em 30% deste indicador, o novo valor esperado de percentual deste tipo de refugo sobre toda a produção é de 0,12%, ou seja, um percentual de 0,06% de toda produção deste item, que é o mais produzido da planta industrial, sendo “salvo”. Como a meta geral foi dividida em 25% para melhorias relacionadas ao turno, questões de processo e pessoas e 5% para maquinário, logo, espera-se “salvar” 0,05% da produção focada no turno 2, e 0,01% focado no maquinário.

Observando os gráficos e dados utilizados na fase “medir” do DMAIC, é possível verificar que o Turno 2 representa mais que o dobro da quantia refugada no segundo colocado, Turno 1, sendo a média de refugo pela razão de diferença de diâmetro externo no turno 2 de 0,30% da produção, e no turno 1 de 0,11% - em métricas isoladas, onde se analisados todos os turnos média total é de 0,49% - como a situação de produção, as máquinas e períodos são os mesmos, estima-se que, com planos de ação focados em igualdade do conhecimento e processos entre turnos, caso igualados os percentuais entre o turno 1 e 2, representaria uma redução de 0,19% nos turnos. Em uma situação ideal final onde ambos turnos estão equivalentes, e houve essa redução, essa mudança representaria a meta específica de turnos batida em cerca de 380%, ou seja, levando em conta sua proporção, ela por si só seria capaz de também alcançar a meta global.

Ganhos paralelos foram notados durante a aplicação deste trabalho, onde a empresa adotou novos processos de controle dos dados, adicionando no cartão de refugo, a máquina pertencente ao processo, valores da medição (não apenas o fato da divergência, mas a medida), mapeamento, além da visão mais ampla do processo e engajamento dos colaboradores.

5. CONCLUSÕES

O presente artigo acadêmico abordou a questão da influência negativa da presença de refugo nos métodos produtivos industriais, seus pontos de impacto quanto ao orçamento e imagem da empresa, e neste aspecto, apresentaram-se metodologias e ferramentas vertentes de uma cultura de melhoria contínua, a fim de analisar causas e sugerir soluções para redução no percentual de refugo, na empresa parceira Robert Bosch LTDA.

Sendo de suma importância este assunto, tanto para os autores, a fim de salientar e aprimorar seus conhecimentos com as ferramentas da qualidade e expandir seus aprendizados acadêmicos, também para a empresa parceira, pois a redução de refugo representa melhor rendimento e controle de produção, com menor desperdício de insumos e tempo de produção.

A aplicação da metodologia DMAIC, mostrou-se consistente, permitindo a segregação de um extenso projeto em menores estágios, de forma cíclica e organizada, em conjunto às ferramentas de qualidade, como matrizes de decisão, diagramas de causa e efeito, dentre outras, que permitiram a interpretação dos dados “brutos”, e assim o afunilamento das tratativas de melhoria. Visitas técnicas e coleta de dados também permitiram com que melhorias paralelas, relacionadas ao controle da produção fossem aprimoradas, com novas informações sendo adicionadas aos documentos de preenchimento de não conformidades.

O projeto em seu total, por questões administrativas e de prazo, não concluiu a aplicação das sugestões apresentadas até o momento fim deste trabalho, contudo, fez-se presente aceitação para aplicação futura da empresa e conclui-se proveitoso e pertinente, pois permitiu aos autores a real aplicação de seus conhecimentos acadêmicos, onde os resultados de análise foram validados em conjunto à empresa, e para esta também fez-se válido o projeto, pois adquiriu comportamentos de análise e controle de produção novos, expandiu sua visão quanto às causas de refugo, e obteve de forma canalizada, apontamentos de quatro principais fatores geradores de refugo e possíveis soluções, que futuramente, poderão ser aplicadas.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para futuros projetos envolvendo este tema, os autores sugerem seguir uma linha de raciocínio visando implementar um sistema de automatização na medição das peças, a fim de medir todo o lote produzido. Como ideia inicial de escopo, utilizando esteira e sensores, por exemplo. Esta ação auxiliaria no controle de dados de refugo e também no barramento de peças fora da especificação para o restante do fluxo.

Sugere-se também um estudo mais focado na agenda e planejamento de produção, visando reduzir e otimizar os setups de máquina, para que seja gasto menos tempo com configurações e haja menos intervenção humana no maquinário.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHENG, LinChih; DE MELO FILHO, Leonel Del Rey. **QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. Editora Blucher, 2007.

COGAN, Samuel. **Custos e preços: formação e análise**. São Paulo : Pioneira, 2002.

SARTORI, Adriana. **SIPOC: Construa corretamente seus diagramas**. Disponível em: <<https://qualityteam.com/pb/blog/exemplo-de-sipoc/>>. Acesso em 07.03.2022.

SARTORI, Adriana. **DMAIC: A principal ferramenta do Six Sigma**. Disponível em: <<https://qualityteam.com/pb/blog/dmaic-como-usar/>>. Acesso em 07.03.2022.

MARTINS, Julia. **Sete passos para criar uma matriz de decisões**. Disponível em: <<https://asana.com/pt/resources/decision-matrix-examples>>. Acesso em 12.08.2022.

CNI. **A importância da Indústria para o Brasil**. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/importancia-da-industria/>>. Acesso em 09/09/2022

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. New York: Simon & Schuster, 1996.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços). Biblioteca da Unicenp. Curitiba, 2007.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino, “Lean Seis Sigma – Introdução ‘as Ferramentas do Lean Manufacturing’”, Rio de Janeiro, Elsevier Editora, 2012.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. Mentalidade Enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004b. 408 p

HARRY, M; SCHROEDER, R. Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy

Revolutionizing The World's Top Corporations. New York: Currency, 2000. 320 p.

VASCONCELLOS, L.H.R; JUNIOR, O.C.;CHAP, C.R. A aplicação da metodologia Seis Sigma em serviços: um Estudo de Caso de uma instituição financeira. In.: IX SIMPOI – Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 9., 2006, São Paulo. Anais.. São Paulo: FVG/EAESP, 2006.

NAPOLEÃO, Bianca M. Matriz GUT (Matriz de Priorização). Ferramentas da qualidade, 16/04/2019. Disponível em: <https://ferramentasdaqualidade.org/matriz-gut-matriz-depriorizacao/>. Acesso: 19/10/2022