



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá

JOÃO PABLO DE FRANÇA ARAUJO CASTRO

Estudo de melhoria em uma linha de inspeção de barras de aços especiais

Guaratinguetá - SP
2023

João Pablo de França Araujo Castro

Estudo de melhoria em uma linha de inspeção de barras de aços especiais

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro

Guaratinguetá – SP

2023

A663e	Castro, João Pablo de França Araujo Estudo de melhoria em uma linha de inspeção de barras de aços especiais / João Pablo de França Araujo Castro - Guaratinguetá, 2023. 39 f : il. Bibliografia: f. 39 Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2023. Orientador: Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro 1. Gestão da qualidade total. 2. Controle de qualidade. 3. Produtividade. I. Título. CDU 658.56
-------	---

JOÃO PABLO DE FRANÇA ARAUJO CASTRO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM NOME DO CURSO

Prof. Dr. Celso Eduardo Tuna
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. MARCOS VALÉRIO RIBEIRO
Orientador/UNESP-FEG



Prof. ME. LUIZ ANTONIO DE AZEVEDO ROSA
UNESP-FEG



Prof. ME. EDUARDO PIRES BONHIN
UNESP-FEG

Engenheiro PAULO MAIDA DE DONATO
Coorientador/Membro Externo

Maio de 2023

DADOS CURRICULARES

JOÃO PABLO DE FRANÇA ARAUJO CASTRO

NASCIMENTO	24.02.1997 – Guaratinguetá / SP
FILIAÇÃO	Pablo Henrique de Oliveira Araujo Castro Adriana Aparecida de França Araujo Castro
2017/2022	Curso de Graduação Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – FEG/UNESP

Dedico este trabalho a meus pais que me educaram, e no momento de maior criticidade me alinharam permitindo que eu finalizasse a graduação

AGRADECIMENTOS

Em primeiro agradeço ao meus pais que sempre fizeram o melhor possível por minha educação. Agradeço a meus avós que junto dos meus pais nunca mediram esforços por mim. Agradeço minha linda namorada.

Ao meu orientador *Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro*, que com seus conhecimentos e dedicação tornou todo este trabalho possível.

Por fim ao Paulo Donato, que foi a pessoa responsável por me orientar neste período de estágio. Atuando muito mais que só como superior, se tornando um professor e um amigo

“Faça o teu melhor, na condição que você tem,
enquanto você não tem condições melhores,
para fazer melhor ainda!”

Mario Sergio Cortela

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo análise e mapeamento de ações para melhoria de um processo em uma linha de inspeção de aços especiais. Por conta do aumento do consumo de aço, se tornou necessário aumentar a capacidade produtiva da usina em questão. Por isso se tornou necessário a execução de um projeto de aumento de capacidade. A usina de aço, possui três grandes etapas sendo elas a aciaria, laminação e inspeção. Devido a usina possuir diversos processos de inspeção, selecionou o processo que possuía maior gap produtivo referente ao consumo do mercado. Durante todo o trabalho foi utilizado a metodologia PDCA para uma análise específica do processo. Desta forma foi utilizado ferramentas da qualidade como gráfico de Pareto, SMED e Diagrama de Ishikawa. Ao longo do projeto, foi realizado a etapa de levantar as oportunidades, analisar as possíveis causas raiz, e elaboração do plano de ação. Após a execução do plano de ação, realizou o levantamento dos ganhos de performance e disponibilidade que a melhoria trouxe ao processo.

PALAVRAS-CHAVE: Linha de Inspeção; PDCA; SMED; Ferramenta da qualidade;

ABSTRACT

This work aims to analyze and map actions to improve a process in a special steel inspection line. Due to the increase in steel consumption, it became necessary to increase the production capacity of the plant in question. Therefore, it became necessary to carry out a project to increase capacity. The steel plant has three main stages, namely the melt shop, lamination and inspection. Because the plant has several inspection processes, it selected the process that had the greatest production gap related to market consumption. Throughout the work, the PDCA methodology was used for a specific analysis of the process. In this way, quality tools such as Pareto chart, SME and Ishikawa Diagram were used. Throughout the project, the stage of identifying opportunities, analyzing possible root causes and preparing an action plan was carried out. After executing the action plan, the performance and availability gains that the improvement brought to the process were surveyed.

KEYWORDS: Inspection Line; PDCA; SMED; Quality tool;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de linha de inspeção	16
Figura 2 – Cronograma desenvolvido	21
Figura 3 - Ferramenta desenvolvida.....	24
Figura 4 - Pareto de parada de máquina.....	25
Figura 5 - Fluxo produtivo da linha de inspeção de estudo.	26
Figura 6 - Plano de ação inicial.....	28
Figura 7 - Carro de ferramenta.....	30
Figura 8 - Parafusadeira elétrica	30
Figura 9 - Dashboard Produtivo.....	32
Figura 10 - Treinamento 8 desperdícios <i>Lean Manufacturing</i>	34
Figura 11 - Quadro de gestão a vista.....	34
Figura 12 - Quadro de gestão a vista.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>PDCA</i>	<i>Plan/Do/Check/Act</i>
<i>OEE</i>	<i>Overall Equipment Efficiency</i>
<i>OP</i>	<i>Ordem de Produção</i>
<i>SMED</i>	<i>Single Minute Exchange of Die</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivos Específicos	14
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	LINHA PRODUTIVA	15
2.1.1	Linha de inspeção.....	15
2.2	METODOLOGIA E FERRAMENTAS	17
2.3	INDICADORES	19
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1	METODOLOGIA	21
3.2	ETAPA 1 – PLANEJAMENTO	23
3.2.1	Primeiros passos.....	23
3.2.2	Perfil de Paradas	24
3.2.3	Definição de parada da linha de inspeção	25
3.2.4	Definição das oportunidades.....	26
3.2.5	Detalhamento das Oportunidades	27
3.3	ETAPA 2 – AÇÃO	29
3.3.1	Troca de OP.....	29
3.3.2	Setup.....	29
3.3.3	Interrupção Mecânica	31
3.3.4	Gestão Produtivo.....	31
3.2.5	Alteração do plano de ação	32
3.2.6	Indicadores	33
3.2.7	Treinamento	33
3.2.8	Gestão das ações.....	34

4.	ETAPA 3 – CHECK (RESULTADOS E DISCUSSÃO).....	35
5.	ETAPA 4 – AGIR	37
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

Os aços são ligas de ferro e carbono que podem ser enriquecidos com outros elementos, como estanho, cobre e silício, para obter determinadas características. Esses materiais estão presentes em muitos produtos de consumo diário, como geladeiras, fogões, micro-ondas e outros.

Existem várias formas de produzir aço, cada uma com suas próprias vantagens e desvantagens. Por exemplo, o processo de oxigênio-básico envolve a fusão de ferro-gusa e sucata de ferro com oxigênio injetado em um conversor, produzindo grandes quantidades de aço de alta qualidade, mas com alto consumo de energia. Já o forno elétrico a arco é uma opção mais eficiente em termos de energia, produzindo aço de alta qualidade a partir de sucata de ferro reciclada.

Após a produção do aço, é comum realizar o processo de laminação para moldar a matéria-prima de acordo com as necessidades do produto. No entanto, essa conformação pode resultar na identificação de não conformidades no material. Por isso, é importante realizar inspeções do material para separar o bom do ruim. As empresas possuem equipamentos capazes de realizar inspeções em alta escala, formando uma linha de inspeção em que o material passa por um caminho de rolos e em cada momento é realizada uma inspeção diferente sem que o material esteja parado ou precise sair deste caminho. Este conceito é o que forma uma linha de inspeção.

O mercado cada vez mais está competitivo, por isso existe a necessidade de possuir processos mais eficazes e produtivo de linha de inspeção. A forma que se mede estes processos é o quanto é produzido por um intervalo de tempo, ou seja, produtividade. A produtividade pode possuir diversas unidades ou até mesmo nome, mas a preocupação é sempre mantê-la acima ou na meta. Esta monografia objetiva formas de aumentar a produtividade de uma linha de inspeção de barras de aços.

1.1 OBJETIVOS

Segundo a *Worldsteel*, a produção mundial do aço aumentou em 3,7% apenas no ano de 2021, em números brutos isto representa cerca de 1,95 bilhão de toneladas. Cerca de 36 milhões de toneladas foram produzidas pelo Brasil, a partir deste grande volume de produção. Devido a este aumento representativo, o processo de produção e inspeção do aço se tornou um gargalo.

A linha de inspeção deste estudo, possuía uma previsão no aumento de venda em 2022 de 20%. Apenas com a produtividade atual naquele momento, não seria suficiente para atender este aumento. Desta forma se tornou necessário realizar um processo de melhoria, atuando em ações rápidas de ganhos representativos.

1.1.1 Objetivos Específicos

Considerando a previsão de um aumento de consumo em 20% para a linha de inspeção em 2022, este trabalho tem como objetivo utilizar a metodologia PDCA para identificar, priorizar e quantificar oportunidades de melhoria no processo, bem como estruturar e executar um plano de ação desenvolvido em conjunto com um grupo multidisciplinar.

A estratégia inicial adotada foi estabelecer uma base de dados confiável e empregar ferramentas de qualidade, como o Gráfico de Pareto, para quantificar e classificar as oportunidades de melhoria descobertas. A partir dessa classificação, foi viável examinar as principais razões que levavam à indisponibilidade da linha de inspeção e, conseqüentemente, identificar a causa raiz para ser incorporada no plano de ação a ser implementado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LINHA PRODUTIVA

A linha produtiva é uma forma de produção com o objetivo de produzir produtos de forma rápida e eficiente, com uma sequência de etapas de produção e da utilização de equipamentos. É caracterizada pela produção em grande escala de produtos similares ou idênticos, com alta repetição de operações e baixa variedade de produtos. (REIS E KOFF, 2013)

A linha foi desenvolvida no século XIX, a partir da invenção da correia transportadora, que permitiu a transferência automática durante toda a produção. Desde então, a linha produtiva tem sido amplamente utilizada na indústria, principalmente nas áreas de montagem e produção de produto em grande escala.

Um dos principais benefícios é a economia, pois permite a produção em grande escala reduzindo o custo unitário. Assim também permite aumentar a eficiência e a qualidade da produção, através da eliminação de desperdícios e da padronização dos processos.

2.1.1 Linha de inspeção

Uma linha de inspeção é um processo que avalia a qualidade em que um produto ou componente é examinado em uma sequência específica de etapas, geralmente após uma produção. As linhas de inspeção são utilizadas para garantir que os produtos atendam os parâmetros de qualidade desejados e que estejam sem defeitos antes de serem enviados para o consumidor final.

Podem ser manuais ou automatizadas, dependendo das necessidades e recursos da empresa, e podem incluir a verificação visual, medidas dimensionais, ensaios funcionais e outros tipos de testes. É importante que as linhas de inspeção sejam bem planejadas e executadas para garantir que os produtos sejam de qualidade consistente e confiável. (SOUZA, 2008).

Figura 1 – Exemplo de linha de inspeção



Fonte: Danieli (2022)

2.1.2 Tempo entre barras

O tempo entre barra de inspeção é o período entre a verificação de dois produtos consecutivos numa linha de inspeção. Ele pode ser utilizado como uma medida da eficiência da linha de inspeção e da eficácia da empresa. Quanto menor o tempo, maior a frequência de verificação dos produtos e, portanto, menor a chance de um produto com defeito ser pego pelo processo de inspeção. No entanto, é importante ter em conta que o tempo entre barras de inspeção também deve ser equilibrado com o tempo de verificação e o número de inspetores disponíveis, pois se a linha de inspeção for muito lenta, isso pode afetar a produtividade da empresa. (MONTGOMERY, 2013),

2.1.3 Velocidade da linha de inspeção

A velocidade de inspeção é a quantidade de produtos que são avaliados em uma linha de inspeção em um determinado período. É geralmente medida em unidades por hora ou por dia. É um fator crucial para se considerar na gestão da qualidade, pois afeta a eficiência da linha de inspeção e a eficácia da empresa. A velocidade de inspeção pode ser ajustada de acordo com a necessidade de produção e o nível de qualidade desejado. É importante que a velocidade de inspeção seja estabelecida de forma equilibrada, pois uma capacidade muito alta pode levar a erros de verificação, enquanto uma capacidade muito baixa pode afetar a produtividade da empresa. (SOUZA, 2008).

2.2 METODOLOGIA E FERRAMENTAS

2.2.1 *Lean Manufacturing*

Lean manufacturing é um sistema de produção que foi desenvolvido na Toyota durante a Segunda Guerra Mundial com o objetivo de maximizar a eficiência e minimizar desperdícios. Os princípios do *lean manufacturing* incluem o foco na criação de valor para o cliente, a eliminação de desperdícios, o aperfeiçoamento contínuo e o envolvimento de todos os funcionários.

O objetivo é aumentar a eficiência e a qualidade da produção, enquanto ao mesmo tempo reduzindo custos e prazos de entrega. Isso é alcançado através da eliminação de atividades que não agregam valor ao produto, como por exemplo, excesso de estoque e movimentação desnecessária de materiais. Além disso, o envolvimento de todos os funcionários na identificação e eliminação de desperdícios é crucial para o sucesso do *lean manufacturing*. (WOMACK E JONES, 2003).

2.2.2 PDCA

O PDCA é um ciclo de melhoria contínua desenvolvido por Edwards Deming que é amplamente utilizado em diferentes áreas, como na gestão da produção. O ciclo PDCA é útil para a resolução de problemas e a implementação de mudanças, pois fornece uma estrutura para a análise de problemas e a tomada de decisões. Além disso, a repetição do ciclo permite uma melhoria contínua dos processos e a atingir objetivos de longo prazo.

O ciclo PDCA consiste em quatro etapas: planejar, fazer, verificar e agir. Na primeira etapa, a planificação (*Plan*), é definido o problema a ser resolvido e é criado um plano de ação para resolvê-lo. Na segunda etapa, a execução (*Do*), o plano é implementado. Na terceira etapa, a verificação (*Check*), os resultados são medidos e comparados com os objetivos estabelecidos. Na última etapa, a ação (*Act*), os resultados são analisados e, se necessário, são realizadas correções ou ajustes no plano de ação (ISHIKAWA, 1985).

2.2.3 Gráfico de Pareto

O Gráfico de Pareto é uma técnica de análise de dados que permite identificar os principais problemas ou causas de um determinado fenômeno. O gráfico é baseado no princípio de Pareto, que afirma que a maior parte dos efeitos de um fenômeno é resultado de uma pequena parte das causas.

O Gráfico de Pareto é construído ordenando as causas de um problema de acordo com a sua frequência ou impacto, e plotando essas causas em forma de barras em um gráfico de barras. A altura de cada barra representa a frequência ou o impacto de cada causa. A partir do gráfico, é possível identificar as principais causas do problema e, portanto, concentrar os esforços de solução nelas (MONTGOMERY, 2013).

2.2.4 Cronoanálise

A Cronoanálise é uma técnica de análise de tempo utilizada para avaliar o tempo gasto em atividades específicas durante a execução de um processo. Esta ferramenta permite identificar e medir as atividades que consomem mais tempo e, portanto, são possíveis alvos de melhoria.

A Cronoanálise pode ser realizada de diferentes maneiras, como o registro manual de tempos ou o uso de dispositivos eletrônicos de medição de tempo. Independentemente do método utilizado, é importante que a Cronoanálise seja realizada de forma sistemática e consistente para garantir a confiabilidade dos resultados. (REIS E KOFF, 2013)

2.2.5 SMED

SMED (*Single-Minute Exchange of Dies*) é uma técnica de redução de *setup* desenvolvida por Shigeo Shingo, um dos principais nomes do Sistema Toyota de Produção. O objetivo do SMED é reduzir o tempo de *setup* para menos de 10 minutos, o que permite aumentar a flexibilidade e a eficiência da produção (SOUZA, 2008).

O *setup* de máquina é o processo de preparação da máquina para a execução de uma nova tarefa de produção, incluindo a troca de ferramentas ou moldes, ajustes de parâmetros e verificações de qualidade.

Para aplicar o SMED, é necessário identificar as atividades do *setup* que podem ser realizadas enquanto a máquina está em funcionamento (atividades externas) e aquelas que só podem ser realizadas quando a máquina está parada (atividades internas). As atividades

externas devem ser realizadas o mais próximo possível do momento em que a máquina para, enquanto as atividades internas devem ser simplificadas e otimizadas para minimizar o tempo gasto.

2.3 INDICADORES

2.3.1 Produtividade

A produtividade de processo produtivo é a medida da eficiência com que um processo produtivo transforma matéria-prima em produto acabado. Aumentar a produtividade de processo produtivo é importante para aumentar a competitividade das empresas, pois permite reduzir custos sem reduzir a qualidade. (REIS E KOFF, 2013)

Existem várias formas de calcular a produtividade de um processo. A forma que este trabalho considerara é o quanto de tonelada de aço a linha inspeciona por mês. Este é um dos indicadores fundamentais desta monografia, com ele que será medido se as ações de melhorias propostas trouxeram bons ganhos. Além de ser utilizado como uma forma de prioriza possíveis ações a serem executadas.

2.3.2 OEE

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é uma medida da eficiência de um equipamento ou processo produtivo. O OEE é calculado como o produto de três taxas: disponibilidade, desempenho e qualidade. A disponibilidade mede o tempo em que o equipamento está disponível para produção, a desempenho mede o tempo em que o equipamento opera à velocidade nominal e a qualidade mede o tempo em que o equipamento produz peças boas. Os valores são calculados de forma percentual, de uma forma que 1 representa um OEE de 100%. O Cálculo é realizado conforme a equação 1.

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (1)$$

O OEE é amplamente utilizado como uma medida de eficiência produtiva, pois permite identificar os fatores que estão afetando a eficiência do equipamento ou processo e criar ações de melhoria para aumentar a eficiência. Além disso, o OEE também é útil para comparar a

eficiência de diferentes equipamentos ou processos e para estabelecer metas de melhoria.
(NIEBEL, 2013)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 METODOLOGIA

O projeto teve como foco a linha de inspeção de barra de aço especial, como mencionado anteriormente. Essa linha de inspeção é a etapa final do processo de produção de barra de aço e, por isso, a validação da qualidade é uma prioridade em todo o processo, já que qualquer desvio pode ser crítico.

Para garantir um projeto bem estruturado que realmente resolvesse as possíveis causas raiz e oferecesse um controle robusto, foi avaliada a metodologia mais adequada para atender às necessidades específicas do projeto. Após um período de pré-projeto, foi decidido que a metodologia a ser utilizada seria o PDCA.

Como esta metodologia existem 4 grande macro etapas, foi estruturando um cronograma que percorresse cada uma delas. O prazo deste projeto já era conhecido e travado, sendo ao todo cerca de 5 meses. Desta forma foi definido que cada uma das 4 etapas teria cerca de 1 mês para serem executadas, exceto para executar o plano de ação que teria duração de dois meses. E de forma semanal, realizar um acompanhamento com o superior direto deste projeto, a fim de alinhar as informações e haver um controle próximo por se tratar de um projeto estratégico. O cronograma desenhado está ilustrado na figura 2.

Figura 2 – Cronograma desenvolvido

Cronograma			
01/08/21 - 31/08/21	01/09/21 - 31/10/21	01/11/21 - 30/11/21	01/12/2021-31/12/21
Planejar	Ação	Checkar	Agir

Fonte: Próprio autor (2022).

Antes de começar a primeira fase do projeto, uma reunião de abertura foi realizada com a coordenadora da área. Durante a reunião, foi discutido brevemente o fluxo de informações e produtos, os indicadores utilizados, como o controle era realizado e as principais dificuldades enfrentadas. Também possíveis soluções, que posteriormente foi validada nas próximas fases do projeto.

Para poder controlar de forma eficaz, foi estudado possíveis indicadores para avaliar o desenvolvimento deste processo. Como se trata de uma linha de inspeção de barra de aço, na qual a ordem de grandeza do produto é tonelada, foi selecionado a produtividade mensal em

toneladas. Em paralelo foi selecionados mais dois indicadores a performance e a disponibilidade da linha de inspeção. Com estes é possível entender quanto a linha de inspeção para e como esta performando, auxiliando a entender qual oportunidade priorizar primeiro, a fim de atingir-o melhor resultado em um menor tempo.

3.2 ETAPA 1 – PLANEJAMENTO

3.2.1 Primeiros passos

A primeira etapa teve início acompanhando a linha de inspeção de estudo. Ao longo de um mês foi realizado acompanhamento da linha e entrevista dos operadores. Nesse período, atentou-se em compreender qual era a capacidade atual da linha, como era o fluxo de informação e do produto, quais eram os gargalos da linha, e quais eram as oportunidades.

Ao longo deste período foi observado que a gestão da produção e o apontamento dos dados produtivos, eram realizados de forma 100% manual. Por serem manuais, isso permite que seja imputados erros ou até que não seja imputado. Desta forma, um dos primeiros desafios, foi adquirir dados confiáveis. Este desafio foi crítico, pois se dados são as informações que norteiam as oportunidades de melhoria, se existem dados não confiáveis é possível gastar 1 ano de trabalho e um orçamento de milhões que o problema não será resolvido.

Por mais que esta etapa não fosse a de realizar ações, foi analisado forma diferentes para estruturar um apontamento de dados mais confiáveis. Visando uma solução rápida, de fácil entendimento e sem a necessidade de treinamentos e investimentos. Foi desenvolvido uma planilha no Excel com travas, e com o uso de caixa de opção ao invés de campo de texto. Desta forma, o usuário possuía menor chance de cometer algum desvio. Além desta implementação, foi reforçado com cada um dos 3 turnos, a importância de apontar essas informações. Por mais que houvesse uma ferramenta a prova de erros, ainda era necessário que uma pessoa preenchesse a planilha.

Após a implantação desta planilha que foi realizado na primeira semana da primeira etapa, foi realizado o acompanhamento tanto das dificuldades quanto da frequência de preenchimento. Com os *feedbacks* recebidos, a ferramenta foi aperfeiçoada cada vez mais, de uma forma que não houvesse desculpas para não a utilizar. A figuras 3 ilustra a ferramenta.

Figura 3 - Ferramenta desenvolvida



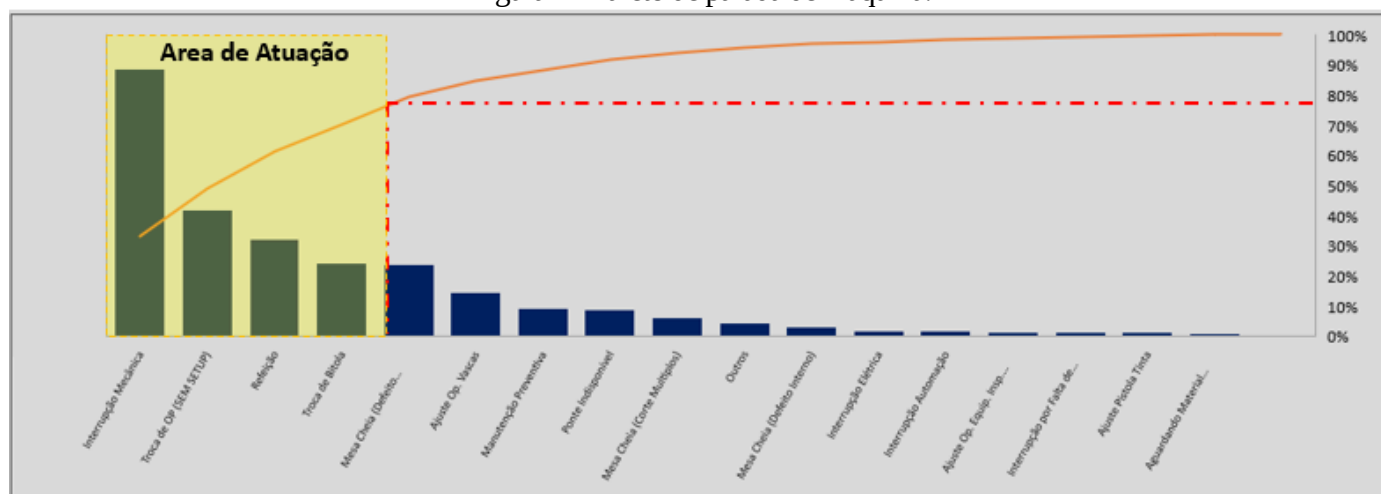
Figura 1

Fonte: Próprio Autor (2022).

3.2.2 Perfil de Paradas

Dando sequência ao acompanhamento, ao longo deste período foi alavancado diversas oportunidades, e todas discutidas tanto com a operação quanto com a gestão da área. Após estas discussões foi priorizado as oportunidades analisando a dificuldade e o ganho que ofereceria. Com a nova ferramenta implementada, se tornou possível medir quais oportunidades eram mais críticas. Contendo as informações confiáveis, plotou o Gráfico de Pareto, segundo a regra de Pareto, a qual afirma que 80% dos resultados são pertinentes a apenas 20% das causas. Em outras palavras, não seria necessário resolver todas as oportunidades e sim as mais críticas. O gráfico de Pareto das paradas da linha de inspeção se encontra na figura 4. Por conta de segurança de informação, os valores foram omitidos, mas o comportamento do perfil de paradas se manteve.

Figura 4 - Pareto de parada de máquina.



Fonte: Próprio Autor (2021).

Como visto na figura acima, os principais motivos de parada da linha de inspeção eram:

- Interrupção mecânica;
- Falta de revezamento durante as refeições dos operadores;
- Troca de OP (Ordem de Produção);
- Setup de máquina;

A interrupção mecânica é uma parada devido ao mal funcionamento ou a quebra de alguma parte da linha de inspeção.

Para a linha de inspeção funcionar é necessárias ao menos 6 pessoas trabalhando simultaneamente, e desta forma que era conduzido. Portanto durante as refeições não era possível fazer revezamento para que a linha continuasse em produção.

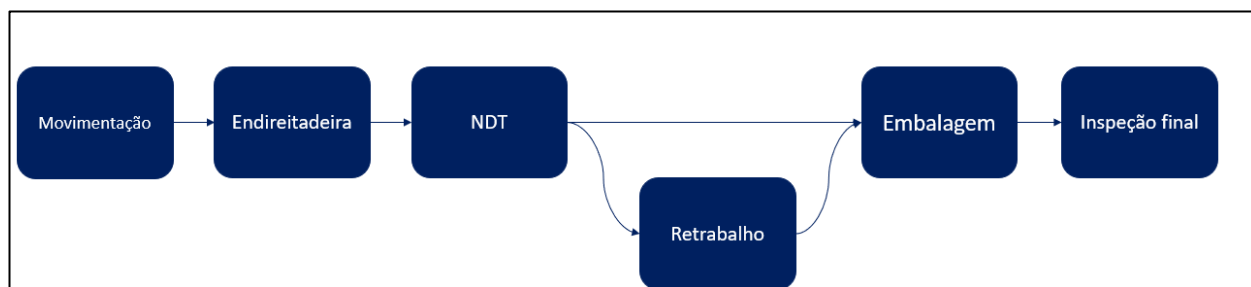
Ordem de produção (OP) é como é sequenciado as campanhas produtivas. A OP é a tradução do pedido do cliente em forma de instrução de trabalho, contendo nela: o volume a ser produzido, o comprimento e o diâmetro da barra. Desta forma é possível que o operador se situe para poder definir os parâmetros de produção para cada um dos clientes. Por isso quando ocorre troca de uma OP, é necessário realizar pequenos ajustes na linha de inspeção, e para que esses ajustes sejam executados, é necessário que ocorra uma parada na linha.

Quando o ajuste é grande, sendo necessário trocar alguma peça, já não é mais considerado troca de OP e sim Setup, e desta forma que é dividido os motivos de paradas.

3.2.3 Definição de parada da linha de inspeção

Um ponto importante de se mencionar, o que é definido como parada de uma linha de inspeção. A linha de inspeção de estudo possui 6 etapas, conforme a figura 5:

Figura 5 - Fluxo produtivo da linha de inspeção de estudo.



Fonte: Próprio autor (2022).

O fluxo produtivo da linha de inspeção pode variar, mas figura 5 é referente a linha de estudo. Ponto que vale ser enfatizado, é que a barra de aço já foi produzida na aciaria, já passou pelo processo de laminação, e neste ponto está sendo conduzida pela movimentação da linha de inspeção. Nesta primeira etapa o operador movimentará as barras de aço do estoque para o cocho de entrada, por meio de ponte rolante. Em sequência, as barras passarão pela endireitadeira, na qual conformará mecanicamente a frio a barra resultando em barras sem empeno. Desta forma seguirão para a NDT na qual realiza ensaios não destrutivos de 100% das barras. Após esse processo, barras consideradas boas iram para a etapa da embalagem, barras ruins iram para o retrabalho. No retrabalho, se o defeito identificado for possível de ser tratado, este será realizado. Caso não seja possível tratar, a barra se torna sucata e retorna à aciaria. As barras recuperadas irão para a embalagem. Na embalagem as barras serão agrupadas em feixes, com cintas metálicas. Na última etapa, cada uma dessas barras do feixe é inspecionada por um operador.

Como existem seis etapas esta linha de inspeção, é possível umas delas estar parada e as demais estar em produção. Por isso foi necessário adotar uma forma de contabilizar as paradas, e a forma selecionada foi que parada será contabilizada quando a NDT estiver parada, independente se as demais etapas estiverem ou não em produção.

3.2.4 Definição das oportunidades

Visto como são definidas as paradas, e com o levantamento do perfil de paradas e suas criticidades, foi traçado estratégias para abordar as paradas da linha. Das paradas levantadas e visando que o projeto possui apenas cinco meses de duração, interrupção mecânica foi uma das oportunidades não atacadas. No entanto foi traçado como poderia ser acompanhado e pequenas ações a serem realizadas, na etapa 2 serão detalhadas tais ações.

Como a linha atuava com um time produtivo enxuto, de 6 pessoas. Por mais que realizasse alguma forma estratégica de realizar o revezamento, ainda faltaria pessoas. Por isso, não foi estruturado ações específicas.

Dentre os motivos de parada, Troca de OP e Setup foram os mais focados para realização de maiores planejamentos e ações de melhoria. A justificativa é que são oportunidades que estavam de responsabilidade da gestora da área e ainda que o time de operação poderia atuar.

3.2.5 Detalhamento das Oportunidades

Com foco na Troca de OP e *Setup*, foi realizado uma estudo específico destes motivos. Os motivos de paradas são apenas o reflexo de algum problema, por isso foi necessário aprofundar em cada um deles. Com essa investigação mais profunda, o estudo se torna mais eficaz para encontrar a causa raiz. Para encontrar a causa raiz, selecionou a ferramenta *Ishikawa*.

Com a ferramenta *Ishikawa* foi constatado que as possíveis causas raiz poderia ser para troca de OP a quantidade de OP e o tempo necessário para realizar esta troca. Já para o *Setup* foi verificado que o tempo médio era variado quando comparava os turnos, e dependendo de como era realizado *Setup* poderia levar mais ou menos tempo para ser realizado.

Com as possíveis causas de tais problemas, foi estruturado um plano de ação. Neste plano de ação constava quais ação seriam realizadas, o prazo e o responsável por elas. Por mais que não houvesse uma equipe propriamente definida para este projeto, diversas ações foram realizadas por outras pessoas. O plano de ação não constava apenas ações de solução dos motivos de paradas, mas também soluções que aumentaria o controle da linha de inspeção. Na figura 6, se encontra o plano de ação estruturando.

Figura 6 - Plano de ação inicial.

Causa	Ação	Responsável
A preventiva que ocorre quinzenalmente é destinada a tratar problemas de quebras.	Retornar com troca de informação entre a operação e a manutenção de atividades necessárias.	Aline
A falta de pistão no pich roll de entrada	Comprar de um novo pistão	Manutenção
Cone da endireitadeira fixo	Retornar a condição inicial do Cone	Manutenção
O grande número de OP's	Se reunir com o PCP, para diminuir a quantidade de OP	João Pablo
O pequeno volume das OP's com mesmas características que poderiam ser agrupadas	Se reunir com o PCP, para agrupar OP	João Pablo
Número insuficiente de colaborador	Contratar novos colaboradores	Aline
Chave mecânica para parafusar e desaparafusar	Comprar nova ferramenta para parafusar e desaparafusar;	João Pablo
Falta de medição para ajuste da distância entre a mesa de postigo e o centro da endireitadeira	Elaborar uma forma de gabaritar a distância da mesa ao centro da endireitadeira	João Pablo
Ferramentas distante da parte posterior da endireitadeira	Adicionar um carrinho de ferramenta	João Pablo
Postigo distante da parte posterior da endireitadeira	Adicionar um carrinho para o postigo	João Pablo
Apenas uma pessoa realizando o setup	Ter duas pessoas realizando o setup	João Pablo
Medição para corte de múltiplos	Inserir uma nova régua, para poder medir o múltiplo	Dacana
Tempo de corte da serra	Inserir nova serra, que seja automatizada	Dacana
Deslocamento do posto para NDT	Retornar com o formulário digital	João Pablo
Posto 1 inoperante (Falta de pessoas)	Contratar mais colaborador	Aline
Nova planilha para inserir novos dados	Desenvolver nova planilha	João Pablo

Fonte: Próprio autor (2022).

3.3 ETAPA 2 – AÇÃO

3.3.1 Troca de OP

Contendo o plano de ação estruturado, foi possível iniciar a execução as atividades necessárias. Inicialmente foi realizado um acompanhamento do PPCP, principalmente da área que realizava a programação das máquinas. Nesta atividade foi observado que o problema de frequente troca de OP estava ligado diretamente a personalização do produto. Como o produto produzido é totalmente personalizado, não é possível em uma mesma OP agrupar mais de um pedido de cliente. Portanto, a cadência das OP é inerente a quantidade que o setor comercial negocia. Se não é possível reduzir o número de OP por conta da personalização do produto, poderia ser aumentando o lote de produto. Ao questionar os programadores do PPCP, a solução seria negociar com o comercial da empresa a possibilidade de aumentar o lote mínimo de produção. Se aumenta o lote mínimo, o volume da OP aumenta, desta forma ao longo de um dia teria menos paradas. Logo ao fim do mês haveria uma maior produção. Por conta da complexidade desta ação e visando o prazo reduzido, esta ação foi adicionada a ações posteriores de projeto.

3.3.2 Setup

Inicialmente foi analisado qual dos três turnos da operação possuía o menor tempo de *Setup*. Após esta análise, foi obtido um resultado que existia um turno com menor tempo de *Setup*, mas que a diferença não era representativa. Desta forma, não existia um turno que se destacasse e que poderia ser utilizado como exemplo. Por isso iniciou o trabalho de avaliação do tempo de *Setup*, com o turno B o qual era o mesmo do expediente comercial.

Para avaliar o ponto de tempo de *Setup*, foi utilizado a abordagem SMED. Desta forma foi realizado cronoanálise e análise de cada uma das etapas do *setup*. Então, primeiramente foi acompanhando para compreender quais as atividades existentes nessa atividade. Em seguida foi cronometrado mais de uma vez cada uma destas, a fim de ter dados com maior acuracidade. Por conta do horário de expediente e como era definido os turnos, apenas dois turnos foram acompanhados nesse processo.

Após semanas de acompanhamentos foi sequenciado as etapas do *Setup*, e medido o tempo de cada etapa. A medição do tempo foi realizada mais de uma vez, e para a análise se

considerou o tempo médio. Em sequência foi analisado quais etapas poderiam ser realizadas antes ou posteriormente de parar a linha. Também analisou quais etapas poderiam ser eliminadas ou substituídas, caso não fosse possível, como poderia ser reduzida.

Após toda esta análise, definiu-se duas principais oportunidades de redução de tempo, sendo elas a separação dos materiais antes de parar a linha de inspeção e o uso de ferramentas práticas que reduziriam o tempo. Portanto foi estruturado uma nova sequência de padrão de atividades, com a nova alteração. Primeiro com o uso de carros de ferramentas conforme a figura 7, seria separado a ferramentas adequada antes da linha de inspeção parar.

Figura 7 - Carro de ferramenta.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Em algumas das etapas para serem executadas era necessário desapertar alguns parafusos e depois reapertar. Antes do SMED esta atividade era feita de forma manual, então foi adquirido uma nova ferramenta para esta tarefa, a parafusadeira elétrica conforme a figura 8.

Figura 8 - Parafusadeira elétrica



Fonte: Próprio Autor (2022).

Com apenas estas duas etapas, houve um possível ganho que será discutido na seção posterior. É um possível ganho, pois é preciso que a coordenação esteja fiscalizando com frequência se o novo padrão desenhando está sendo respeitado.

3.3.3 Interrupção Mecânica

Como mencionado na seção anterior, a interrupção mecânica foi um motivo que não houve ações bem definidas. No entanto ação de contenção foi realizada, junto da coordenação da linha de inspeção e do coordenador da manutenção mecânica, foi criada uma rotina de reunião semanal. Nesta reunião, eram levantados os principais pontos de quebra da linha e seus impactos. Com essa reunião, a sinergia do time aumentou, e os motivos de quebra frequente foram reduzidos com o tempo. Além disso, em paralelo foi criado um projeto, no qual tinha como objetivo mapear e trocar as principais peças que geravam interrupções.

3.3.4 Gestão Produtivo

Ainda que anteriormente houvesse sido desenhado uma ferramenta de apontamento de dados e gestão da produção, ainda não era a ferramenta mais adequada. Visando utilizar uma ferramenta com maior nível de automação e com gráficos interativos, junto da coordenação foi desenvolvido no ambiente *Power Bi* um *dashboard*. Neste *dashboard* continha os principais indicadores da linha de inspeção, sendo eles o volume de produção, a disponibilidade da linha, o tempo de parada, o gráfico de Pareto das paradas. Na figura 9, encontra o *dashboard* produtivo desenvolvido, por conta de segurança de dados os valores foram omitidos.

3.2.6 Indicadores

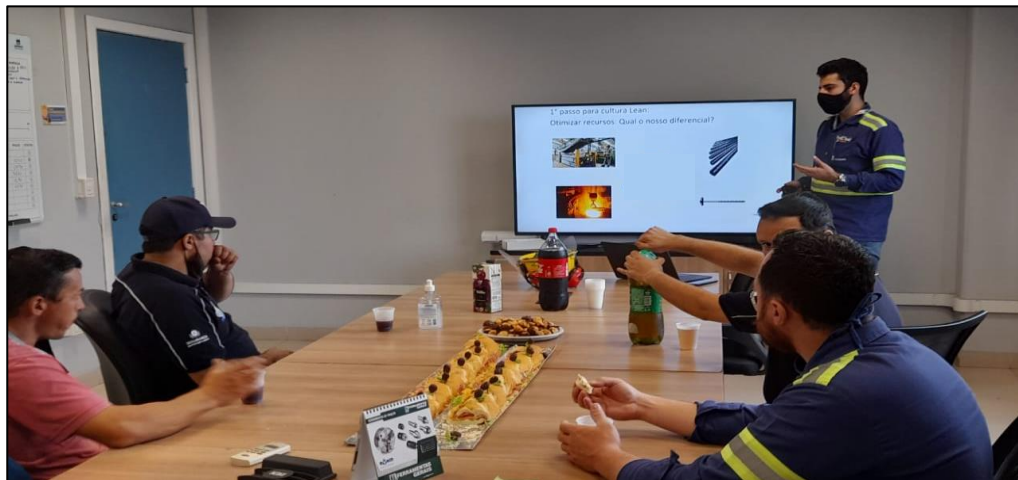
A fim de ter um melhor controle da linha de inspeção, principalmente da performance da linha, houve a necessidade da criação de um novo indicador. Até então, grande parte das ações haviam sido feitas para atuar em motivos de paradas. No entanto, uma linha de inspeção pode perder produção por principais três motivos, por paradas, por baixa performance, e na produção de produtos ruins. Até o momento não era medido a perda por performance, para medir esta perda era necessário a implementação de um novo indicador, o qual escolhido foi o OEE.

Este indicador não avalia apenas a performance da linha, como também a disponibilidade e a qualidade dos produtos inspecionados. Após visitas de *benchmark* e reuniões com especialistas, foi implementado o indicador OEE. Com a implementação, este indicador se tornou o principal da linha de inspeção. Tamanho foi o ganho, que posteriormente este indicador foi implementado em vários outros equipamentos.

3.2.7 Treinamento

Ao longo do projeto, por mais que não estivesse mapeado no plano de ação inicial, foi realizado um treinamento dos 8 desperdícios do *Lean Manufacturing*. Este treinamento teve como objetivo, aumentar a o engajamento dos operadores. Os três turnos foram treinados, e procurou ser um treinamento próximo da rotina operacional, assim os exemplos com fotos e vídeos foram tirados da própria linha de inspeção. Na figura 10, ilustra um dos dias de treinamento.

Figura 10 - Treinamento 8 desperdícios *Lean Manufacturing*.



Fonte: Próprio Autor (2022).

3.2.8 Gestão das ações

Durante toda a etapa de ações, foi utilizado um quadro de gestão a vista com toda a ações a serem feitas, das ações em andamento e daquelas concluídas. Este quadro era utilizado em reuniões de 15 minutos que eram feitas semanalmente. Este quadro, era o que ditava o ritmo do projeto e era utilizado também pela coordenação e analisa da área. Na figura 11 se encontra uma ilustração desse quadro.

Figura 11 - Quadro de gestão a vista.



Fonte: Próprio Autor (2022)

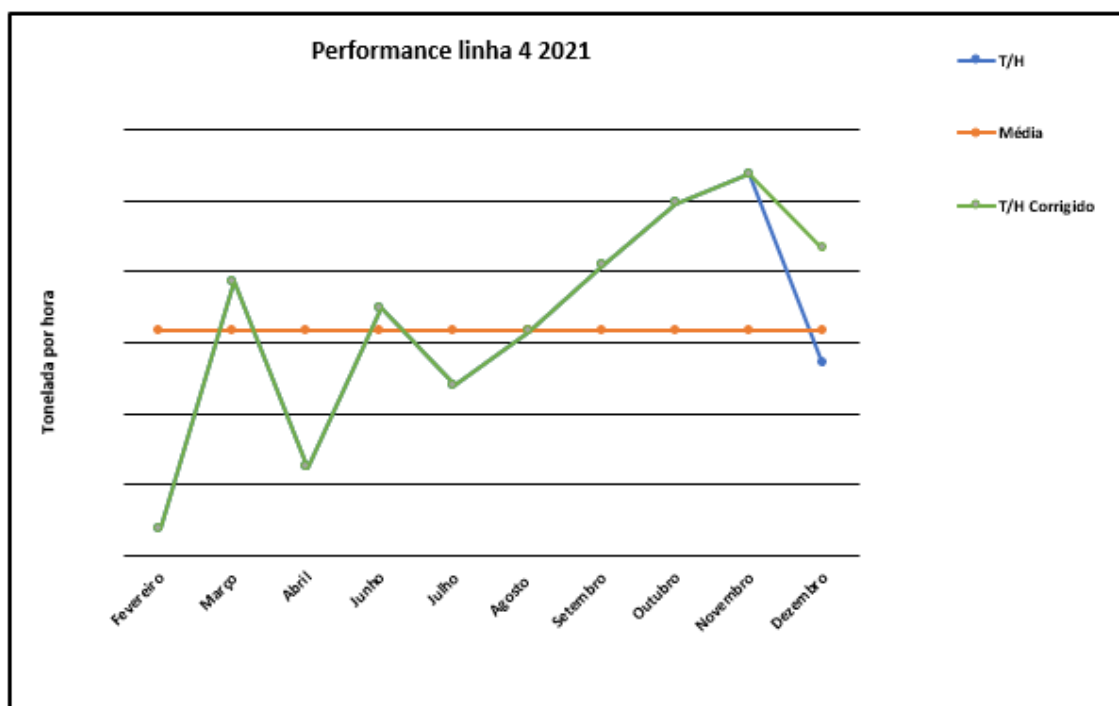
4. ETAPA 3 – CHECK (RESULTADOS E DISCUSSÃO)

Após realizada todas as ações previamente mapeadas, foi analisado se o resultado foi alcançado, principalmente se houve aumento dos indicadores selecionados ao início do projeto. Um ponto que vale ressaltar, que no início não era conhecido o impacto negativo que a baixa performance causava a linha de inspeção. Por isso, grande parte das ações foram para melhorar a disponibilidade da linha, ou seja, para reduzir a quantidade de tempo parado. Apenas na execução das ações que foi observado que a linha de inspeção possuía um grande desperdício produtivo pelo seu grande tempo entre barras.

Inicialmente foi implementado uma ferramenta no Excel de apontamento produtivo, em sequência foi implantado o *dashboard* no Power Bi. Com estas soluções se tornou possível aumentar o controle e confiabilidade dos dados. A linha de inspeção de estudo, possuía um sistema interno que não se encontrava na rede, e nele toda vez que a linha de inspeção parava era contabilizado de forma automática. No entanto este sistema não era de fácil acesso e por isso não era utilizado, mas com o intuito de contabilizar os dados apontado, foi conferido esse sistema. Por fim, foi constado que ao fim do projeto, houve um **aumento da confiabilidade de dados em 20%**.

Com a redução do tempo entre a barra da linha, aumentou a capacidade da linha. Toda essa capacidade não se tornou volume produtivo por conta de outras limitações. No entanto, foi levantado oportunidades que seriam tratados em um outro momento. Esse aumento de capacidade resultou em **um aumento de performance de 15%**. Para poder controlar a performance, foi implementado o indicador OEE, desta forma não só houve um aumento de performance, mas também um **aumento do controle produtivo**. A figura 12 representa o gráfico de aumento de performance durante os meses, ressaltando que o projeto iniciou em agosto/2021 e foi até dezembro/2021.

Figura 12 - Quadro de gestão a vista.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Ao observar a figura 12 percebe-se que existem duas curvas plotadas. O motivo disto é que no mês de dezembro a bitola média da barra de aço reduziu, e quando isso ocorre há uma redução da produção. Desta forma a curva “Corrigida” ilustra como seria tonelada por hora, se a linha mantivesse a bitola média dos últimos meses.

Com as atividades mapeadas durante o SMED, após execução foi constatado uma redução possível no *Setup*. Um possível ganho caso o novo padrão fosse seguido, por isso era de extrema importância a participação da coordenação, pois após o projeto, seriam os mesmos que manteriam os ganhos obtidos. Estima-se que com apenas as ações mencionadas, **houve uma redução de 7% do tempo de setup.**

Em resumo, somando todas as ações executadas como o aumento de performance, a redução do tempo de *Setup*, e a análise da contratação de novos colaboradores, foi estimado que mensalmente o **aumento da linha de inspeção tenha sido cerca de 1015 toneladas.** Este valor considera que seria necessário contratar mais operadores para revezar durante as refeições e ainda manter todos os resultados obtidos.

5. ETAPA 4 – AGIR

Nesta etapa do projeto, foi realizado uma análise de toda as ações realizadas. Ainda se preocupou por receber *feedbacks* de projeto e comportamentais, tanto da coordenação quanto da operação. Outro ponto realizado neste momento, foi as ações de contenção para não retornar na situação inicial.

Os *feedbacks* recebidos foi extremamente uteis, até porque as soluções desenhadas foram melhoradas posteriormente a eles. Além de que o *feedback* da parte comportamental foi o que estruturou o plano de desenvolvimento deste autor que o qual escreve esta monografia.

Junto da coordenação foi estruturado uma forma de manter o ganho das melhorias. Para a interrupção, foi mantido a reunião semanal e criado um grupo para facilitar a comunicação. Para a redução com o *setup* seria realizado um acompanhamento semanal do Pareto de paradas. O mesmo foi desenhado para acompanhar o indicador OEE, a performance e disponibilidade da linha de inspeção.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um exemplo de projeto do tipo de melhoria de processo, possuindo como objetivo o aumento de produtividade e performance de uma linha de inspeção. O projeto foi desenvolvido dispondo de um cronograma de cinco meses e cuja metodologia utilizada foi o PDCA.

Após a execução do projeto, foi realizada uma reunião de fechamento com a coordenadora da área. Posteriormente, foi apresentado os resultados obtidos para o meu superior direto e para o gerente da área. De acordo com o feedback recebido, o projeto atingiu o resultado esperado, percorrendo todo o escopo e cronograma planejamento inicialmente. Além disto, foi possível executar a maioria das ações presentes nos planos de ação, mesmo aquelas inseridas posteriormente ao início do projeto.

Em seguida, foi desenvolvida uma lista de ações mapeadas ao longo do projeto e que devido ao prazo limitado não foi executada. Houve a priorização e após ser realizado um levantamento dos seus possíveis ganhos, esses dados foi apresentado à coordenação da área.

Dentre os aprendizados adquiridos durante esse processo, aponto que se no princípio do planejamento houvessem sido verificados todos os possíveis desperdícios, principalmente aqueles que não fossem do tipo de disponibilidade, os resultados adquiridos seriam melhores. Ademais, relato como outro grande aprendizado o crescimento pessoal, principalmente no que diz respeito à comunicação e à gestão pessoal.

REFERÊNCIAS

- GLOBO. **Produção mundial de aço cresce em 2021** [2021]. Disponível em: <https://valorinveste.globo.com/mercados/internacional-e-commodities/noticia/2022/01/25/producao-mundial-de-aco-cresce-em-2021-producao-brasileira-tem-alta-de-147percent.ghtml>. Acesso em: 5 out. 2022.
- GONÇALVES, A. **Gestão da qualidade: fundamentos, métodos e ferramentas**. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- ISHIKAWA, K. **What is total quality control? the japanese way**. Nova Jersey: Prentice-Hall, 1985.
- MONTGOMERY, D. C. **Controle estatístico de processo: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- NIEBEL, A. **Motion and time study: design and measurement of Work**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2013.
- OHNO, T. **Toyota production system: beyond large-scale production**. Nova Iorque: Productivity Press, 1988.
- REIS, A.; KOFF, J. **Gerenciamento da produção: planejamento, programação e controle**. São Paulo: Atlas, 2013.
- SOUZA, A. C. **Gestão da qualidade: fundamentos, técnicas e ferramentas**. São Paulo: Atlas, 2008.